INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO SEDIMENTOLOGICO DEL CUATERNARIO CONTINENTAL DEL LLANO DE PALMA

por José M.ª Verd Crespí

SUMARIO

INTRODUCCION

1.1. Antecedentes histórico geológicos

El conocimiento de los terrenos cuaternarios de Mallorca data de antiguo. LA MARMORA (1834) es el primero en datar unas «calizas con helix del cuaternario»; hace mención de la especial importancia que tiene el cuaternario en la configuración de la isla: «Le terrain quaternaire joue un grand rôle dans la constitution géologique de Majorque; on peut dire que toute la plaine de la partie méridionale de l'île appartient a cette formation». HAIME (1855) cita el cuaternario marino con Strombus y Conus y menciona el cuaternario aluvial del pie de la Sierra. BOUVY (1867) es el primero en trazar los verdaderos lmites del cuaternacio, y hace distinción entre aluvial y diluvial. Hay que notar que este autor establece estos límites a los diez años de sus primeros estudios sobre Mallorca (1857).

HERMITE (1879) es el primer autor que estudia a fondo el conjunto balear. En su tesis doctoral hace un estudio estratigráfico de todos los terrenos de la isla, y se interesa por los materiales cuaternarios del pie de la sierra y del llano de Palma. Reconoce el origen de las capas con Strombus, las molasas (marés) con Helix y los aluviones. Indica que a pesar de la gran extensión de estas formaciones, es muy difcil su estudio detallado a causa de la escasez de afloramientos. Menciona los afloramientos de Inca, acantilados de Santa Catalina (Palma) y la subida a la Seo. Lo resume diciendo: «... ce terrain est essentielement formé d'éléments détritiques qui se sont déposés à une époque récente. Je n'y ai pas rencontré de débris de corps organisés; les galets dominent dans ces couches, mais on y trouve fréquemment des sables et des argiles disposés irrégulièrement au milieu des cailloux».

DARDER (1921) señala la existencia de molasas cuaternarias hasta una cota de 160 metros. De ahí deduce la existencia de un movimiento emersivo de esta amplitud; esta deducción será posteriormente refutada por él mismo

FALLOT (1922) en su tesis doctoral efectua el estudio general más completo realizado sobre la isla. Refiriéndose al cuaternario, hace distinción entre el marés eólico (dunas) y el marés marino (playas). Señala la presencia de distintos niveles de aluviones, así como distintos períodos erosivos entre ellos. Le llaman la atención el gran desarrollo de estas formaciones

entre Santa María, Bunyola y Establiments. En 1923 publica un trabajo sobre la morfología de las Baleares; estudia los torrentes y hace notar que los que bajan de la Sierra principal deben representar la parte inferior de cursos de agua procedentes de una divisoria de aguas paralela y algo más al NW de la divisoria actual. La modificación de esta divisoria la sitúa en el Plioceno e incluso en el Mioceno superior.

DENIZOT (1930) publica una nota refiriéndose a las playas cuaternarias de Mallorca, haciendo notar la existencia de molasas y pudingas con Strombus a una cota de seis metros sobre el actual nivel del mar; siguiéndole encima una formación de marés de origen eólico.

DARDER (1933) en su libro sobre aguas subterráneas, relaciona los aluviones cuaternarios con los materiales subyacentes. De esta publicación se pueden sacar algunos datos referentes al espesor del cuaternario, sobre todo en la comarca de Santa María y alrededores del llano de Palma.

A partir de 1946 se renuevan los estudios del cuaternario, pero enfocados casi exclusivamente desde el punto de vista paleontológico. En esta época empiezan los trabajos de BAUZA (1946). CUERDA y MUNTANER (1950 en adelante) siguen las investigaciones, pero ocupándose de las formaciones litorales y eólicas. La enumeración y comentario de sus trabajos resultaría tarea ardua. Cito los más importantes en la bibliografía.

A partir de 1957, a raiz del Congreso Internacional INQUA, se observan otros enfoques en el estudio del cuaternario, ya que vuelven a citarse los aluviones del llano y pié de la Sierra.

SOLÉ (1961 y 1962) relaciona las terrazas Tirrenienses de Baleares con «... las potentes masas de derrubios color rojo muy característicos, formados a expensas de suelos originados durante el interglaciar Riss-Wurm». Efectúa varios cortes en los que se nota una sucesión de limos, costras calcáreas y conglomerados que constituyen un factor común en casi toda la formación cuaternaria continental. Anteriormente (1960) había descrito unas brechas en el Km. 24,75 de la carretera de Sóller que podían considerarse como formaciones periglaciares.

Hasta el momento, el resultado de todos los estudios realizados ha permitido establecer una cronología de las formaciones marinas y litorales, y relacionarlas con las formaciones continentales, lo cual permite una datación aproximada de éstas.

1.2. *Objeto y enfoque de este trabajo*

En este trabajo me propongo iniciar los estudios del cuaternario desde un enfoque distinto a los seguidos hasta la fecha.

Partiendo de la base de querer hacer el estudio de los materiales detríticos (fracción gruesa) de los aluviones, el primer paso fue la búsqueda de afloramientos adecuados. Todos los encontrados se caracterizan por la presencia de una o varias costras calcáreas recubiertas a su vez por otros aluviones, en general limos rojos (suelos). Este criterio ha servido para dar, o al menos intentar dar una unidad en el tiempo a los materiales estudiados.

De cada afloramiento se ha hecho el corte de detalle y descripción correspondiente. De los elementos de mayor tamaño se han tomado una serie de datos para fijar su posición en el espacio: orientación y buzamiento del plano principal del canto. De los elementos de tamaño más pequeño se han medido los parámetros *L, l* y *e*. Las relaciones entre ellos han permitido la obtención de los índices de aplanamiento y de una serie de datos gráficos, que ya describiré en el apartado correspondiente.

Como dato de trabajo, también he contado con los resultados de unos sondeos efectuados en el llano de Palma para la prospección de aguas subterráneas. Estos datos han permitido la confección de tres cortes generales que nos informan de la potencia y deposición de los materiales del cuaternario más antiguo. Es una lástima que no se conserven los testigos de estos sondeos, ya que hubiesen permitido el estudio de los elementos detríticos, en vista a la observación de las condiciones de deposición o transporte en el medio sedimentario del cuaternario antiguo.

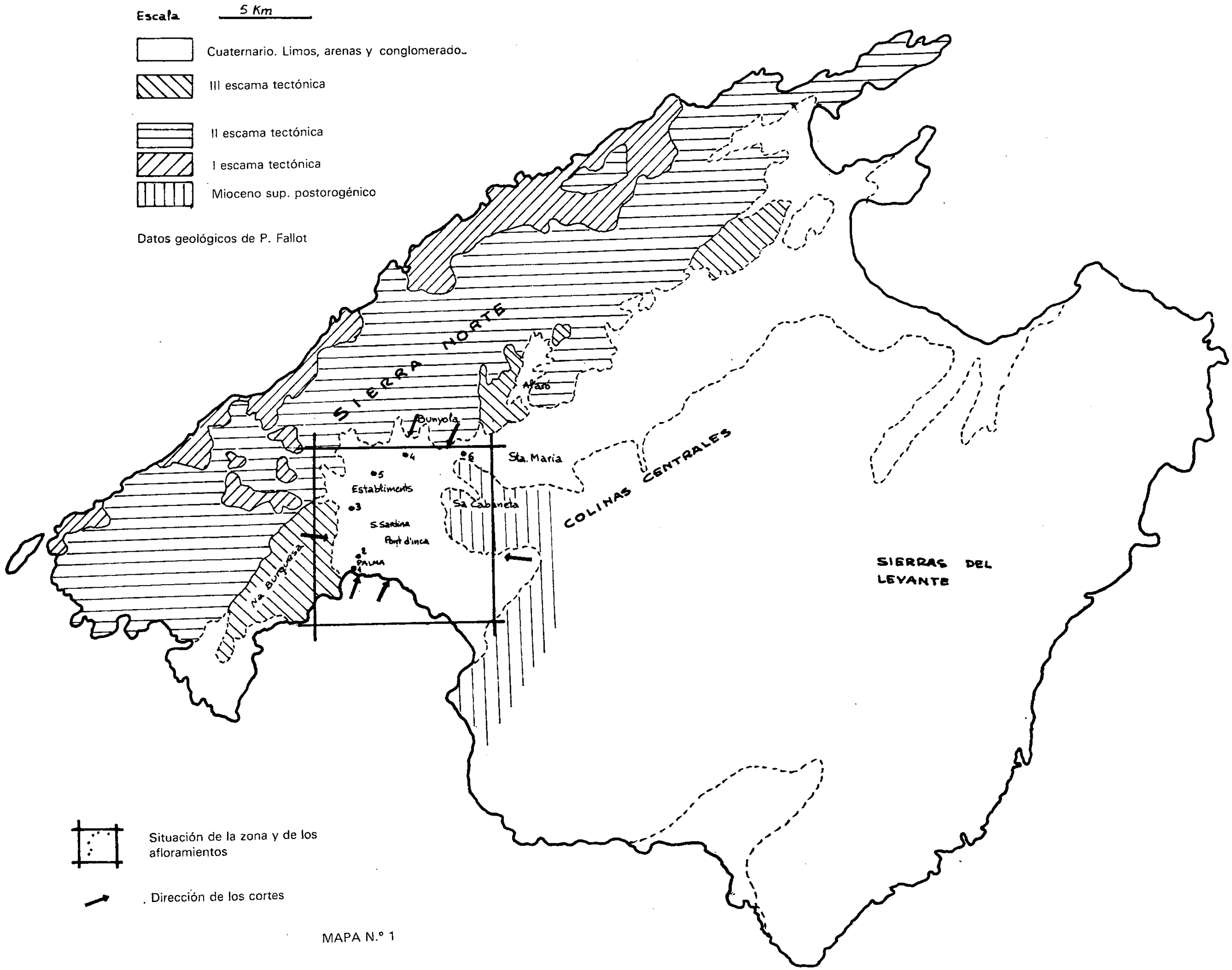
Con estos medios mencionados, comienzo los estudios morfométricos y estructurales de los sedimentos del cuaternario, con el fin de aportar algunos datos sobre las condiciones de transporte y sedimentación de estos materiales, así como la procedencia de los mismos.

SITUACION DE LA ZONA Y DE LOS AFLORAMIENTOS

2.1. *Situación geográfica*

La comarca conocida como Llano de Palma está situada en la mitad sur de la Isla de Mallorca. Su situación puede verse en el mapa adjunto (escala 1:200.000 Mapa 1). La extensión del Llano es de unos 200 km^2 y

ISLA DE MALLORCA.
ESQUEMA GEOLOGICO Y OROGRAFICO
SITUACION DE LA ZONA ESTUDIADA



MAPA N.º 1

sus límites coinciden aproximadamente con la cota de 120 m. (a excepción de la parte oeste). La pendiente media dirección al norte es de un uno por ciento, y aumenta muy bruscamente en la zona montañosa, lo cual hace que el cambio morfológico entre el llano y sus límites o bordes sea muy acusado. La cuenca hidrográfica tiene una extensión de 550 km^2.

El llano de Palma está prácticamente cerrado por sus bordes oeste y norte, mientras que por el este tiene una buena comunicación con el resto de la isla. Entre los accidentes topográficos que lo rodean cabe destacar:

Zona oeste: Sierra de Na Burguesa, Colina de Bellver, Sierra de Bauzá. Por esta zona desembocan al llano los valles de Puigpunyent y Esporles.

Zona norte: Sierra de Son Antich, Sierra de Son Termes, Comuna de Bunyola y S'Estremera. Por esta zona desembocan al llano los valles de Valldemossa y Bunyola.

Zona este: Es la más abierta. En el km. 13 de la carretera Palma-Alcudia hay la divisoria de aguas entre las respectivas cuencas. Es un collado de unos 130 m. Algo más al sur está la Sierra de Marratxí y Sa Cabaneta, que sigue por Puntiró. Finalmente tenemos toda la zona de Sant Jordi (Pla de Sant Jordi) que hasta el siglo pasado tenía categoría de albufera, es decir, zonas pantanosas con una cota muy próxima al nivel del mar.

2.2. *Situación geológica*

Las características geológicas de esta región están completamente ligadas a la morfología. Fundamentalmente se trata de una cubeta Plioceno-Cuaternaria rodeada de materiales más antiguos: del Keuper al Helveciense-Tortoniense.

Los materiales de las sierras del oeste y norte corresponden a la tercera serie tectónica (FALLOT, 1922) de la Sierra Norte de Mallorca. Son calizas dolomíticas y calizas grises compactas del Infralias y Lias, y calizas margosas del Neocomiense. En la región de Establiments hay pequeños afloramientos de Keuper con ofitas.

Las sierras o relieves del este están formados por calizas dolomíticas y calcoarenitas con algunos niveles margosos, pertenecientes al Helveciense y Tortoniense. Estas capas tienen un buzamiento general hacia el SW y se «hunden» bajo los depósitos cuaternarios, que aparecen discordantes sobre aquéllos.

En el poblado de Sant Jordi se encuentran formaciones cuaternarias de origen eólico, que forman algún relieve dentro del «pla» del mismo nombre.

2.3. *Situación de los afloramientos*

Dentro del conjunto descrito anteriormente se encuentran localizados los afloramientos que han servido de base para este estudio.

En total se han tomado seis estaciones en las que se ha podido disponer de material detrítico en las condiciones adecuadas para su estudio. Los afloramientos forman un arco que va desde Palma (Paseo Marítimo) hasta el ángulo NE de la zona, o sea por los bordes Oeste y Norte. De los seis, tres son asequibles, ya que se trata de cortes naturales o desmontes de carreteras; los otros eran el resultado de las excavaciones efectuadas para el abastecimiento de agua a Palma, y que han sido cubiertos una vez efectuadas las instalaciones.

En este trabajo, los afloramientos aparecen con la siguiente numeración y denominación:

N.º 1. Molinos del Jonquet (Paseo Marítimo).

N.º 2. Cementerio de Palma.

N.º 3. Camino del Molí d'es Compte.

N.º 4. Carretera de Sóller Km. 11, 5 (Conducción de aguas).

N.º 5. Carretera de Valldemossa Km. 9 (Conducción de aguas).

N.º 6. Carretera de Bunyola a Santa María Km. 30 (Conducción de aguas).

CARACTERISTICAS GEOLOGICAS

3.1. *Cortes generales*

Con los datos obtenidos del Estudio Hidrológico del Llano de Palma realizado por el Servicio Geológico de Obras Públicas se han podido realizar tres cortes generales del Llano de Palma (Cortes generales n.º 1, 2 y 3).

CORTES GEOLOGICOS DEL LLANO DE PALMA

Las lineas gruesas verticales corresponden a sondeos realizados por el S.G.O.P. Las cifras indican la profundidad en metros

1 Km

Cuaternario
Limos, arenas y conglomerados

Mioceno superior
Calcoarenitas y calizas margosas

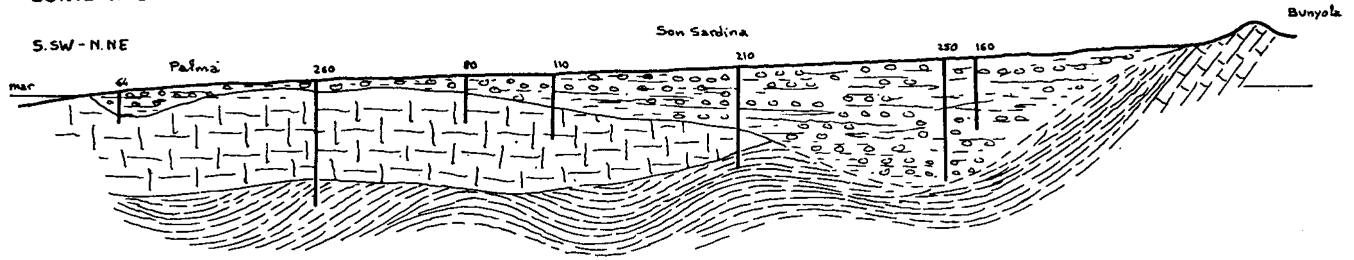
Mioceno inferior plegado

Crétácico y Lias

Los datos para realización de estos cortes han sido proporcionados por D. Alfredo Barón del S.G.O.P. Para el estudio Hidrogeológico del Llano de Palma.

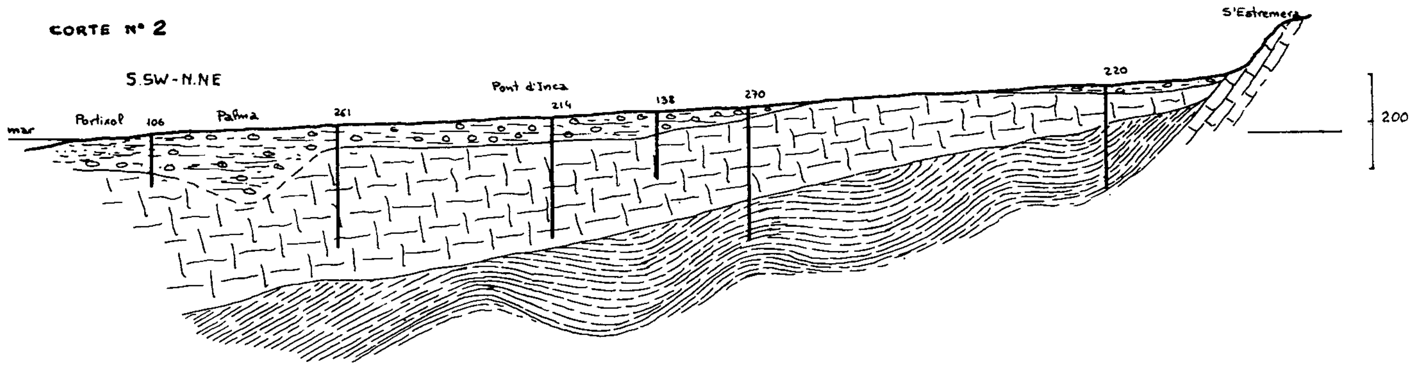
CORTE Nº 1

S.SW - N.NE



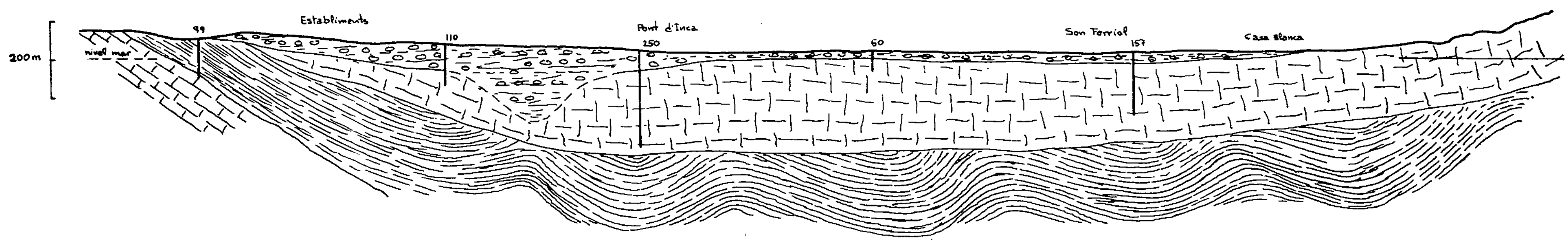
CORTE Nº 2

S.SW - N.NE



CORTE Nº 3

W.NW - E.SE



La situación de los mismos va indicada en los mapas.

3.1.1. Corte n.º 1

El primer corte, realizado entre Palma y Bunyola, nos señala una gran cubeta en la que el espesor de los materiales sobrepasa los 250 m. Faltan datos para situar exactamente los límites de esta depresión, sobre todo en la parte oeste. Estos aluviones están descansando directamente sobre margas del Mioceno inferior. Una primera interpretación sobre el origen de esta cubeta es considerarla como forma de erosión postmiocénica. Otra interpretación que podría anotarse a modo de hipótesis para una tectónica cuaternaria, sería que el origen de esta cubeta, y otras similares al pie de la sierra, es debida a un hundimiento de los materiales miocénicos (en contacto por falla con los materiales secundarios de la Sierra) a causa del peso de los aluviones.

Otra segunda cubeta, de menor profundidad, está bajo la Ciudad de Palma; ésta no alcanza los sesenta metros, y parece estar relacionada con otra depresión observada en el corte n.º 2.

3.1.2. Corte n.º 2

El segundo corte se ha efectuado entre Portixol y S'Estremera. Nos pone en evidencia una cubeta bajo Palma, posiblemente enlazada con la del corte n.º 1. No se ha medido exactamente su potencia, pero posiblemente sobrepasa los cien metros. Hay un extenso manto de aluviones bajo el Pont d'Inca cuya potencia media es de sesenta metros. Al norte del Pont d'Inca casi desaparecen los aluviones, que quedan reducidos a limos con abundantes nódulos calcáreos, cuya potencia en ocasiones no sobrepasa los cuarenta centímetros. Al pie de S'Estremera, el espesor de los aluviones es de diez a quince metros.

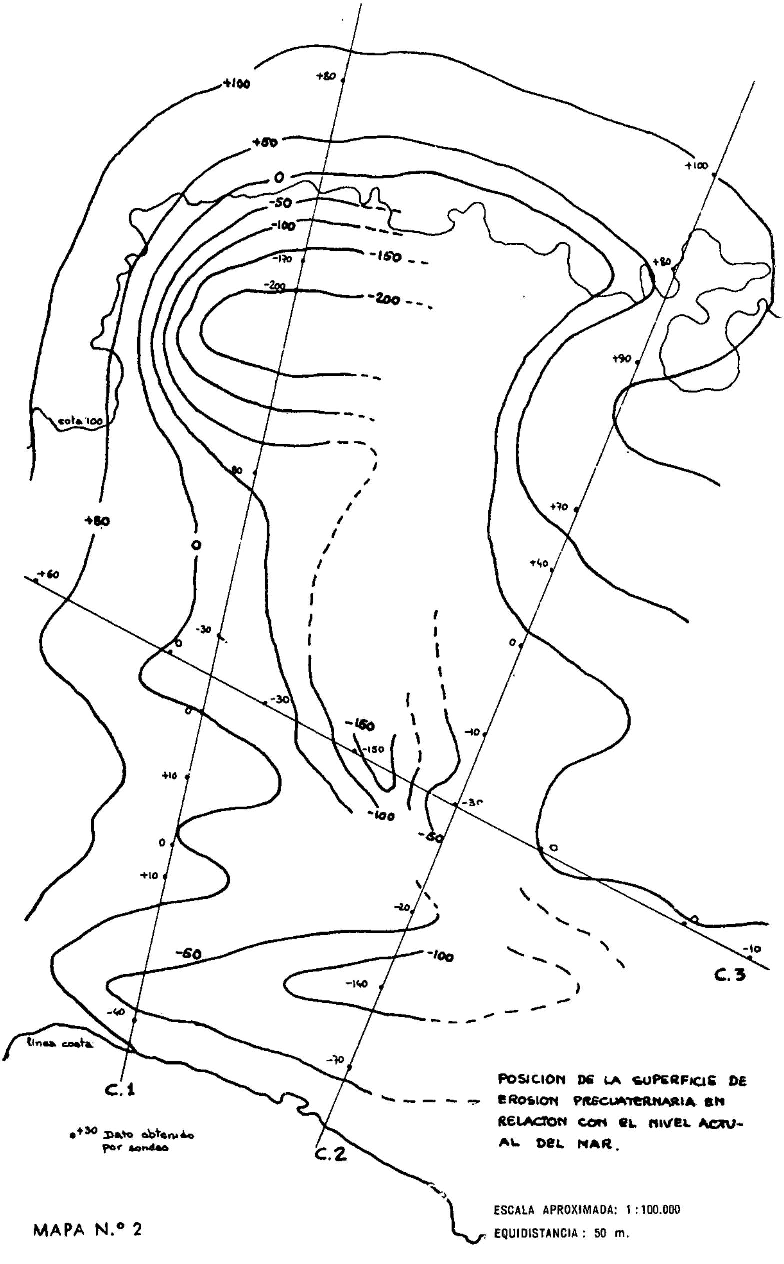
3.1.3. Corte n.º 3

El tercer corte es casi ortogonal a los anteriores. Abarca desde Establiments a Casa Blanca (carretera de Manacor). En la parte oeste se pone de manifiesto una cubeta en la que el espesor de los aluviones es de unos ciento cincuenta metros. En Establiments, el valle excavado por el torrente de La Riera deja ver al cuaternario en contacto con las margas del Mioceno

inferior y Cretácico, aunque este contacto está muy enmascarado por la vegetación y las construcciones.

Al este del Pont d'Inca, el manto de aluviones es muy constante en espesor, siendo éste de unos treinta a cuarenta metros.

Del estudio de estos corres, y del mapa de curvas de nivel de la superficie de contacto entre el cuaternario y los materiales subyacentes, se puede deducir la existencia de una etapa erosiva anterior a la deposición de los aluviones (mapa n.º 2). Tal como he dicho al tratar del corte n.º 1, se puede suponer la existencia de unas fases de hundimiento del zócalo miocénico, o al menos hablar de un reajuste tecto-isostático siguiendo las directrices tectónicas precuaternarias. Para comprobar este hecho haría falta disponer de una serie de datos de los materiales en profundidad, a los cuales no me ha sido posible el acceso.



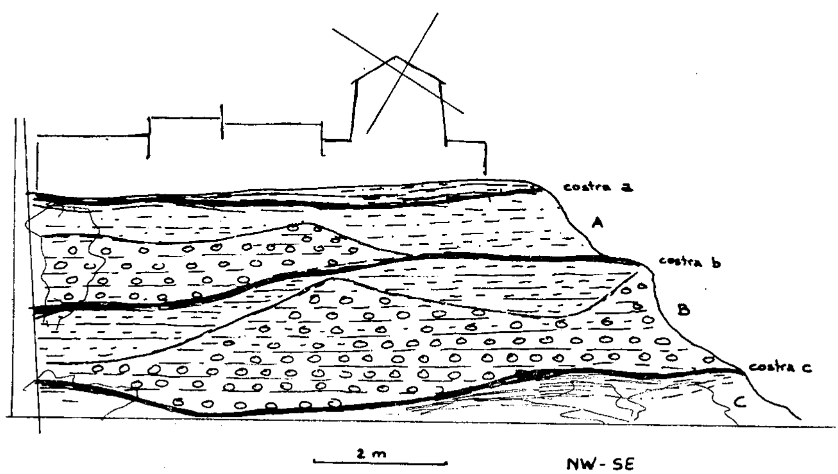
ESCALA APROXIMADA: 1 : 100.000
EQUIDISTANCIA: 50 m.

MAPA N.º 2

3.2. *Estudio particular de los afloramientos*

3.2.1. *Afloramiento n.º 1. Molinos del Jonquet* (corte n.º 4)

Situado en el Paseo Marítimo de Palma. Hace unos años estaba en contacto con el mar. En la actualidad, debido a las obras del Puerto y al Paseo Marítimo, se encuentra a unos treinta metros de aquél. Este afloramiento es el único que se encuentra en el borde marítimo del llano. Hay una potencia visible de material detrítico de unos siete metros. Su orientación es NW-SE.



Corte n.º 4 Molinos del Jonquet

En este corte y siguientes, el trazado más grueso corresponde a las costras calcáreas. Los otros materiales son conglomerados y limos

En este afloramiento se observan tres costras calcáreas que marcan unos salientes en el relieve. Cada costra tiene por debajo limos rojizos y conglomerados, estando bastante delimitados los tres tipos de materiales. Estas series cíclicas, que también observaremos en otros afloramientos fueron estudiadas por SOLE (1961-1962).

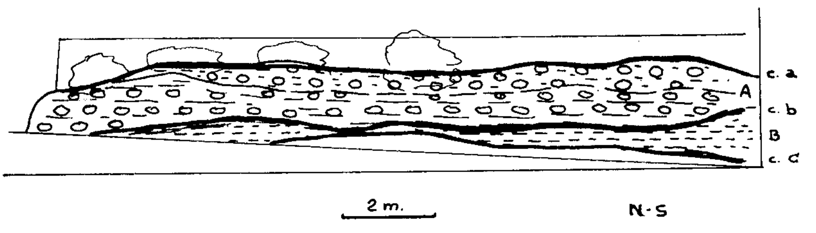
El material detrítico grueso está constituído por cantos calizos poco rodados, pseudoangulosos, imbricados unos con otros, y cuyo tamaño oscila entre 2 y 30 centímetros. El tamaño modal es de 8 cm.; bastante homométricos dentro de la heterometría general de los aluviones del llano. Hay algún

bloque aislado de 50 cm. o más. Su matriz es areno-limosa de color ocre. Están poco cementados, por lo que son fácilmente erosionables. Hay cambios laterales, pasando a limos ocres con nódulos calcáreos.

Los niveles superiores son limosos y pasan a formar una costra calcárea de espesor variable, pero que oscila entre pocos milímetros y varios centímetros. Frecuentemente estas costras se subdividen en varias. A cada una de las costras principales las designo por *a, b, c,...* Si incluímos también los materiales subyacentes podemos considerar los niveles *A, B, C,...* etc. No hay diferencias notables entre los materiales de *A* y de *B;* de *C* únicamente es visible la costra. Por encima de *A* se encuentran limos rojos *(«terra rossa»)* que sirven como horizonte de referencia en éste y otros afloramientos.

3.2.2. *Afloramiento n.º 2. Cementerio de Palma* (corte n.º 5).

Situado en la carretera que bordea la parte alta del cementerio de Palma. La potencia visible de los materiales es de uno a dos metros. La orientación del corte es N-S.



Corte n.º 5 Cementerio de Palma

En la base encontramos unas costras que cubren unos limos rojos muy endurecidos que a su vez engloban a unos pocos elementos rodados. Estas costras tienen una superficie muy irregular de modo que el espacio entre ellas varía entre pocos centímetros y varios decímetros. A estas costras las denominaría del tipo *b* y *c,* asimilándolas a las de igual denominación del primer afloramiento.

El nivel A, superior a los anteriores, está formado por material detrítico muy heterométrico. Los cantos van de dos centímetros a cincuenta y sesenta centímetros, siendo el tamaño modal de unos quince centímetros.

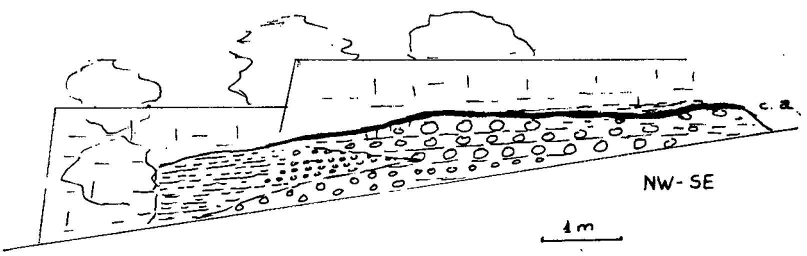
Son cantos pseudoangulosos, muy rodados en sus bordes, pero con superficies casi planas. La matriz es areno-limosa, muy endurecida en la parte superior, donde pasa a costra calcárea que engloba a numerosos elementos detríticos.

El tamaño de los cantos aumenta hacia el techo de la capa. Dato a tener en cuenta para suponer una regresión del nivel de base.

Los limos de los niveles *B* y *C* fueron datados por J. Cuerda, el cual los atribuye al Riss, basándose en el color de los mismos (Comparación colorimétrica con los limos costeros de Camp de Tiro). Esta datación coincide con la supuesta por Solé al estudiar las costras del cuaternario barcelonés.

3.2.3. *Afloramiento n.º 3. Molí d'es Compte* (corte n.º 6).

Este afloramiento está situado en la carretera que va de Establiments a Puigpunyent, a unos doscientos metros del Molí d'es Compte. La potencia visible de los materiales es de un metro, y su desarrollo en longitud es de unos siete metros. La orientación es NW-SE. Sólo se encuentra una costra calcárea, que, al tener por límite superior los conocidos limos rojos y encontrarse en un nivel topográfico bastante alto, podemos considerar como tipo *a,* por lo cual a los materiales subyacentes los incluiríamos dentro de un nivel *A*.



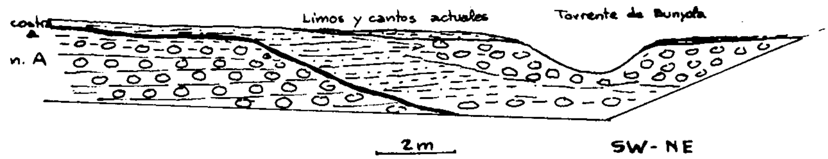
Corte n.º 6 Molí des Compte

Los cantos son heterométricos, notándose un aumento de tamaño hacia el techo, similar al anterior afloramiento. En la parte superior el tamaño oscila entre quince y cuarenta centímetros, están englobados dentro de la

costra calcáera La matriz es limosa, muy endurecida. En la parte inferior el tamaño oscila entre dos y quince centímetros, siendo el tamaño modal de ocho centímetros. La matriz es limosa, poco cementada; este nivel, lateralmente y hacia el NW pasa a limos, y se nota además un cambio hacia una mayor homometría de los cantos.

3.2.4. Afloramiento n.º 4. Carretera de Sóller Km. 11,5 (corte n.º 7)

Este afloramiento, al igual que los números 5 y 6 ya ha perdido la categoría de tal, al ser cubiertas las conducciones que hicieron posibles los cortes Tiene una orientación NE-SW, una potencia visible de dos metros y un desarrollo en longitud de unos cuarenta metros.



Corte n.º 7 Carretera de Sóller km. 11,5

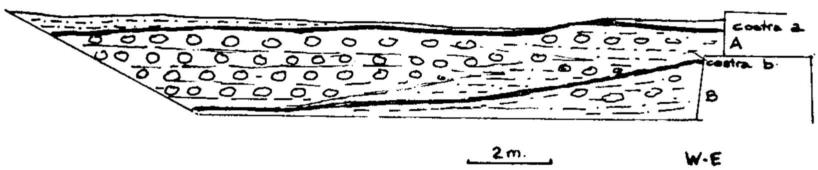
Ofrece la particularidad de presentar dos niveles distintos de cantos, separados por unos limos y una costra calcárea. La costra se puede considerar del tipo *a*. El estudio se ha hecho en los materiales *A*, inferiores a la costra *a*. El otro nivel de cantos es actual y corresponde a los aluviones dejados por el torrente de Bunyola.

Se ha podido hacer la proyección vertical del contacto entre conglomerados (nivel *A*) y limos rojos, o sea de la costra calcárea, y nos da una dirección NW-SE, la cual difiere de la dirección N.NE-S.SW que lleva el actual curso torrencial.

Los cantos del nivel *A* son heterométricos, pseudoangulosos. Su tamaño oscila entre los dos y los veinte centímetros. El tamaño modal es de doce centímetros. La matriz es areno-limosa, poco cementada. El paso a la costra superior es muy claro. El espesor de ésta es de un milímetro a tres centímetros. Por encima de ella se encuentran los típicos limos rojos.

3.2.5. Afloramiento n.º 5. Carretera de Valldemosa Km. 9 (corte n.º 8)

Su orientación es E-W. La potencia visible es de dos metros. Encontramos dos costras separadas por un nivel conglomerático. De arriba abajo tenemos: limos rojos, costra calcárea de espesor variable (costra *a*), conglomerado (nivel *A*), costra calcárea de gran desarrollo y limos grises muy calcificados, que inferiormente engloba material detrítico grueso.

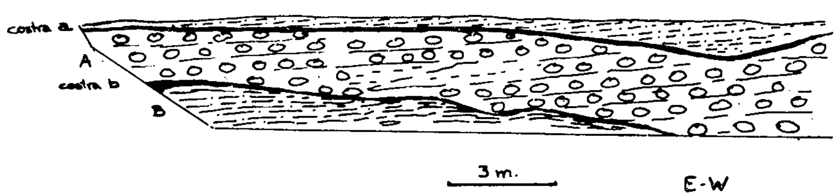


Corte n.º 8 Carretera de Valldemosa km. 9

Los conglomerados del nivel *A* tienen un tamaño que oscila entre uno y cuarenta centímetros, siendo los más abundantes los de cinco a quince centímetros. El tamaño modal es de seis centímetros. La matriz es arenolimosa. Poco cementados, los cantos son pseudoangulosos, homométricos en la parte superior.

3.2.6. Afloramiento n.º 6. Carretera Santa María a Bunyola Km. 30 (corte n.º 9).

La orientación del corte es E-W. La Potencia visible de los materiales es de tres metros. Hay dos costras calcáreas separadas por un nivel conglomerático, que hacia el E. pierde potencia y pasa a limos grises. De arriba abajo tenemos: limos rojos que en su base contienen nódulos calcáreos; costra calcárea (*a*) poco desarrollada; conglomerado tipo *A* que pasa a



Corte n.º 9 Carretera Sta. María a Bunyola km. 30

limos con cantos; y costra muy desarrollada que calcifica o cementa limos muy endurecidos. Estos limos son muy similares a los de los niveles *B* y *C* del Cementerio. Por el color pueden considerarse idénticos a aquéllos.

El material detrítico del nivel *A* se destaca por su heterometría en toda su potencia, únicamente se nota un cambio lateral hacia el este. Los cantos oscilan entre dos y cuarenta centímetros, siendo los dominantes los de quince a veinte. La matriz es areno-linosa, poco cementada. Cantos pseudoangulosos con superficies planas.

Los limos de este nivel contienen algunos lechos o hileras carbonosas en los que se han encontrado *Helix* en gran cantidad.

3.3. *Características generales de los afloramientos. Datación aproximada de sus materiales*

Al hacer la descripción de cada uno de los afloramientos ya se han destacado algunas características en vistas a una correlación de los mismos. Resumiendo, podemos considerar los siguientes niveles de arriba abajo:

— Limos rojos, «*terra rossa*» o tierras de cultivo Nivel de poca potencia. Oscila entre cinco y veinte centímetros. Ocasionalmente la sobrepasa.

— Costra calcárea, inferior a los limos rojos. A esta costra, de desarrollo variable la he denominado *costra a*.

— Conglomerado de cantos calizos, imbricados unos con otros. Angulosos o pseudoangulosos. Los elementos de pequeño tamaño están más rodados. Heterométricos salvo en algunos niveles. Con frecuencia pasan lateralmente a limos. En estos materiales se han efectuado los estudios morfométricos y estructurales. A este nivel y a la costra superior *a* lo denomino *Nivel o conjunto A*.

— Costra calcárea de mayor desarrollo que la primera. Con frecuencia engloba material detrítico grueso. Hay un paso gradual entre la costra y los limos inferiores muy comentados.

— Limos rojos, que, en los afloramientos donde son visibles se atribuyen al período Riss.

— Conglomerado, únicamente visible en el Jonquet.

La datación de estos materiales se tiene que hacer relacionándolos con los depósitos costeros. Esto ya lo hizo Solé y sus resultados coinciden plenamente con los obtenidos por el Sr. Cuerda (comunicación verbal). Ambos incluyen a estos materiales en el integlaciar Riss-Wurm. Además, la inclusión de estos depósitos en dicho período, da tiempo a la formación posterior de un relieve como es el actual, bastante abarrancado en el sector de Establiments a Palma (torrente de La Riera y red asociada) y algo más suave en el centro y este del Llano.

MORFOMETRIA DE CANTOS

4.1. Metodología

Para el estudio morfométrico de cantos se han seguido dos tendencias. Por una parte se han obtenido los índices de aplanamiento, siguiendo las directrices dadas por Cailleux. Estas mediciones nos han permitido confrontar los materiales de los seis afloramientos. Estos índices se han representado en histogramas y en curvas acumulativas. Con ambos métodos se observa y demuestra un gran paralelismo en las condiciones ambientales que conducen a las relaciones métricas expresadas por tales índices.

Aparte del método antes mencionado, se ha intentado relacionar las dimensiones de los cantos, entre si y entre ellos. Para este segundo método me he servido de las investigaciones de Thébault, adaptándolas a formaciones antiguas, y no actuales, como él las realiza.

Antes de proseguir con este segundo método, haré un comentario al método de los Indices de Aplanamiento de Cailleux. Este permite diferenciar los distintos agentes de desgaste o rotura de los materiales; pero proporciona unos índices abstractos, cuya visión o representación gráfica no da ninguna idea acerca del tamaño o forma del canto. En efecto, un índice cualquiera *a* puede ir dado por un canto elipsoidal, cilíndrico o discoidal. Si mantenemos un espesor constante, el índice no variará mientras la suma de anchura y longitud sean constantes, independientemente del valor de éstas.

Este inconveniente se quede subsanar si se consigue una relación rápida entre las tres medidas fundamentales de un canto: *L, l* y *e*. THEBAULT (1969) indica estas relaciones, y las representa en un sistema de ejes cartesianos, colocando en ordenadas la longitud y en abcisas la mediana de la anchura o del espesor según convenga. Esta representación le proporciona

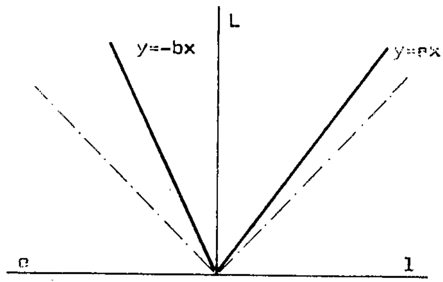
unos índices que él denomina *«alfa» de l* o *«alfa» de e* (alfa es igual a cien partido por la pendiente de la recta de aproximación a la serie de puntos representados). Esta representación nos da una relación en función del tamaño, pero tiene un inconveniente, y es el relacionar *E* con *l* y *L* con *e*, pero independientemente uno de otro.

Partiendo de esta base voy a desarrollar un sistema de representación que trata de exponer de un modo claro y sencillo las relaciones entre *L*, *l* y *e* consiguiendo representar un determinado número de cantos por dos rectas: $y=ax$ e $y=-bx$, siendo siempre *a* menor que *b*, y además estos valores con casi idénticos a los de Thébault. El método es el siguiente:

En un sistema de coordenadas se llevan a ordenadas positivas los valores de *L*; a abcisas positivas los valores de *l*, y a abcisas negativas los valores de *e* cambiados de signo Esta representación en abcisasx negativa no es más que la simétrica de la representada por Thébault.

Cada canto lo tenemos representado por dos puntos, uno en el primer cuadrante y otro en el segundo. Podemos suponer las líneas que pasan por estos puntos y por el centro de coordenadas. Corresponden a las ecuaciones $y=a_1x$ e $y=-b_1x$. De la observación de estas rectas podemos observar lo que sigue, aplicado a modo de inicio a un solo elemento (gráfico 1).

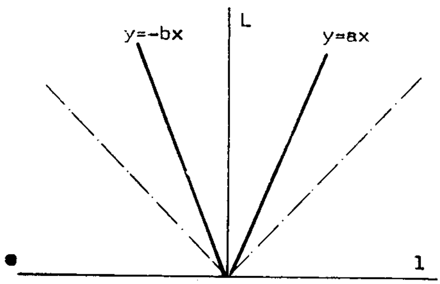
ESQUEMA EXPLICATIVO DE LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS PARAMETROS



$a \neq b$

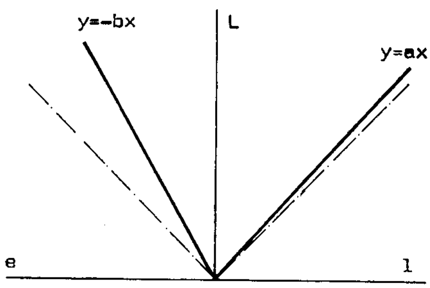
$a \neq 1$

Dominan los cantos elipsoidales o tridimensionales.



$a = b \neq 1$

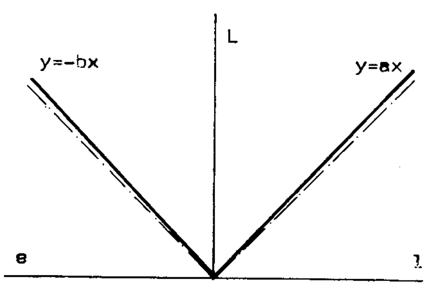
Dominan los cantos cilíndricos



$a \neq b$

$a \approx 1$

Dominan los cantos discoidales



$a = b \approx 1$

Dominan los cantos esfèricos

GRAFICO N.° 1

$a_1 = b_1$	se trata de un canto cilíndrico.
$a_1 = b_1 = 1$	se trata de un canto esférico.
$a_1 = 1 = b_1$	se trata de un canto discoidal.
$a_1 = b_1 = 1$	se trata de un canto elipsoidal.

Si en lugar de un solo elemento tomamos n elementos, tenemos una nube de puntos a la que podemos aplicar interpretaciones similares. En efecto, para cada conjunto n obtenemos la recta de aproximación que pase por el origen de coordenadas. Partimos de la base de que las relaciones L/l y L/e son funciones lineales, y que $L = l = e = 0$ en el origen de coordenadas. Estas rectas serán las medias de todas las rectas obtenidas al aislar los elementos, y se las podrá relacionar entre sí del mismo modo como lo habíamos hecho anteriormente. Ver gráfico.

Esta representación, aparte de la forma dominante dentro de un conjunto, permite ver la evolución de la anchura y espesor en función de la longitud, y la mayor o menor dispersión del conjunto frente a esta función. Permite ver, por ejemplo, la influencia selectiva del medio de desgaste en relación con el tamaño; o deducir un material con unas formas primitivas que le han marcado un sello característico.

Sobre las nubes de puntos se han trazado curvas de isopopulación, cuyas directrices coinciden en general con las rectas de aproximación.

4.2. Observaciones conjuntas de los índices de aplanamiento (graf. 2 y 3)

En el gráfico adjunto se han dibujado seis histogramas correspondientes a los seis afloramientos estudiados. El tamaño de los cantos oscila entre dos y doce centímetros. La simple observación permite ver una gran similitud entre todos ellos. El mayor porcentaje corresponde a índices entre 1,4 y 1,6, que según Cailleux están originados por un medio fluvial y torrencial, o sea un medio eminentemente continental. Los valores más altos podrían provenir de un medio periglaciar (zona de suelos helados de la Sierra Norte). De todas estas representaciones cabe destacar la divergencia que se observa en el número 1, y el gran porcentaje de índices 1,4-1,6 en el número 4. En los restantes se observa la misma tónica general.

En la representación de curvas acumulativas se observa un gran paralelismo entre ellas. De ello, y de los histogramas anteriores se puede dedu-

INDICES DE APLANAMIENTO. CURVAS ACUMULATIVAS

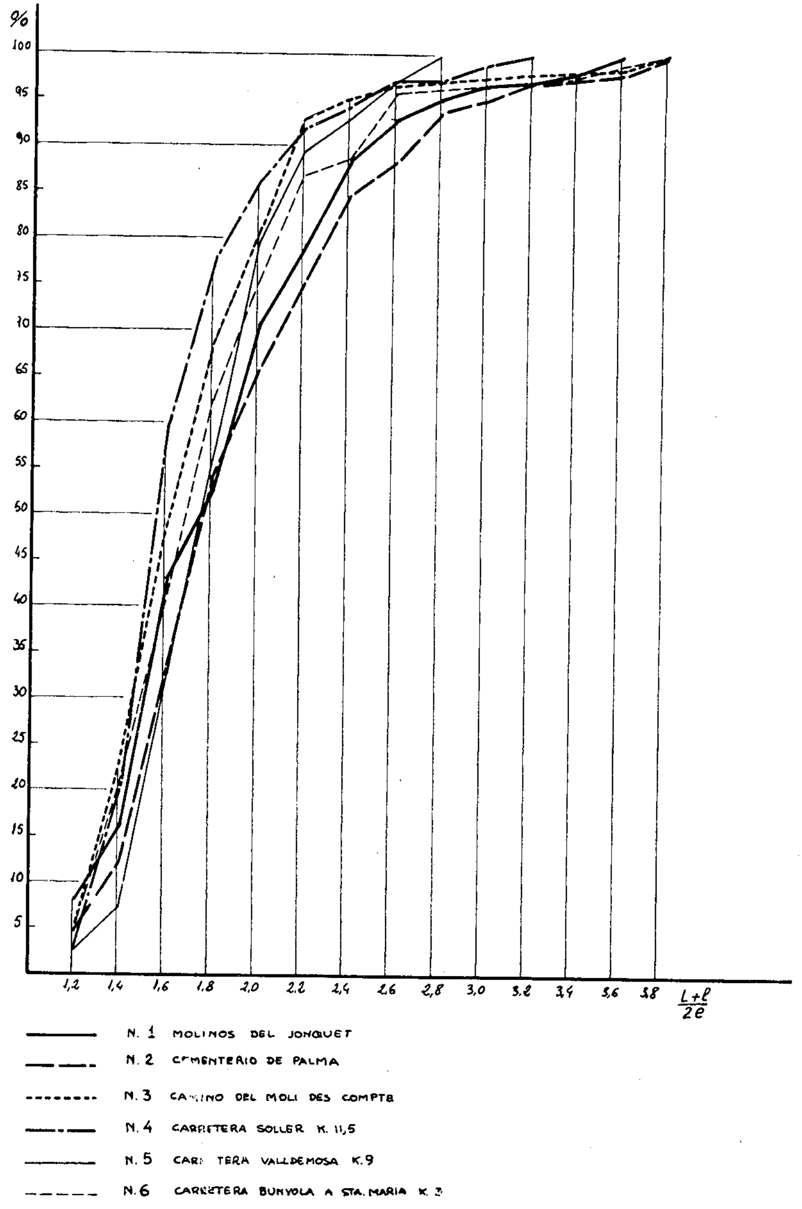
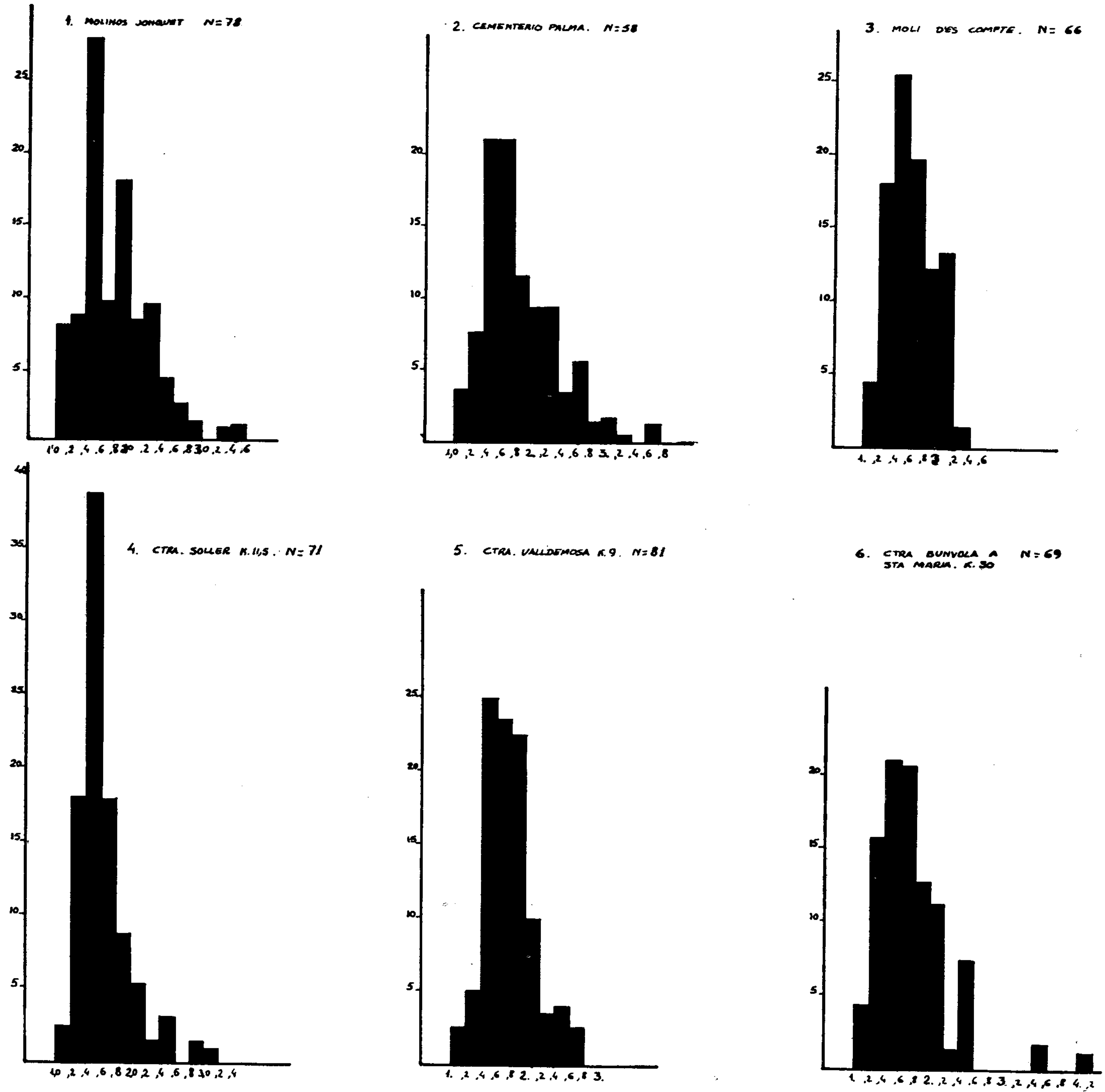


GRAFICO N.º 2

GRAFICO N.º 3

HISTOGRAMAS DE APLANAMIENTO

En ordenadas: tanto por ciento, en abcisas indice de aplanamiento



cir un mismo sistema de erosión y depósito, lo cual coincide además con las observaciones efectuadas en el campo.

4.3. Relaciones métricas en los cantos. Variación de l y e en función de L.

Afloramiento n.º 1

Las rectas de aproximación son: y=1,37x, y=—1,88x. Los índices son: alfa de *l*= 73, alfa de *e*= 53.

En el primer cuadrante se nota una tendencia a igualarse *L* y *l* para el material de pequeño tamaño, y una tendencia a mantener la l constante para los de mayor tamao. En el segundo cuadrante la tendencia rectilínea es más constante.

Afloramiento n.º 2

Las rectas de aproximación son: y=1,4x, y=—1,93x. Los índices son: alfa de *l*=71, alfa de *e*=52

En este afloramiento el material está muy concentrado entre los tamaños de cuarenta y ochenta centímetros. Eso hace que las curvas de isopoblación tomen forma circular, o al menos hay una tendencia hacia esta forma. En el conjunto se nota una tendencia a formas aplanadas en las que hay un predominio de la longitud sobre otras dimensiones.

Afloramiento n.º 3

Las rectas de aproximación son: y=1,25x, y=—1,8x. Los índices son: alfa de *l*=80, alfa de *e*=55.

En este afloramiento se observa una tendencia a la función lineal muy acusada. Las curvas de isopopulación son muy alargadas. En el primer cuadrante hay gran número de formas próximas a la recta y=x. En general se ve una tendencia a las formas planas, al menos para el material de pequeñas dimensiones.

Afloramiento n.º 4

Las rectas de aproximación son: y=1,32x, y=—1,71x. Los índices son: alfa de *l*=76, alfa de *e*=58.

Las curvas de isopopulación tienen forma de huso. Obedece esta forma a una mayor concentración de elementos en los tamaños intermedios. La forma de los cantos es elipsoidal típica.

Afloramiento n.º 5

Las rectas de aproximación son las siguientes: y=1,34x, y=—2,07 x. Alfa de l=76, alfa de e=48.

La tendencia de ambas relaciones a la función lineal es muy acusada. Unicamente para los tamaños superiores se observa, en algunos elementos, una tendencia a conservar las l y e constantes. La forma de los cantos es elipsoidal. Unicamente hay unos pocos con tendencia a la esfericidad, pero sin que alcancen esta forma.

Afloramiento n.º 6

Las rectas de aproximación son: y=1,35x, y=—1,87x.

Alfa de l=74, alfa de e=53.

Hay una tendencia a la linealidad para los tamaños inferiores y una dispersión para los superiores. En el segundo cuadrante la dispersión es más amplia que en el primero. La forma típica es la elipsoidal.

CUADRO RESUMEN DE LAS RELACIONES PARAMETRICAS

Afloramiento		N.º medic.	y=ax	y=—bx	«alfa» de l	«alfa» de e
N. 1	Jonquet	71	y=1,37x	y=—,88x	73	53
N. 2	Cementerio	54	y=1,4x	y=—1,93x	71	52
N. 3	M. des Compte	66	y=1,25x	y=—1,8x	80	55
N. 4	Carret. Sóller	71	y=1,32x	y=—1,71x	76	58
N. 5	Carret. Valldemossa	81	y=1,34x	y=—2,07x	76	48
N. 6	Carret. Sta. María	69	y=1,35x	y=—1,87x	74	53

PALEOCORRIENTES (POSICION DE LOS CANTOS)

5.1. Metodología

Para averiguar el sentido de las corrientes que transportaron o causaron la acumulación de estos sedimentos se ha usado la proyección estereográfica de la posición de los cantos. Se ha hecho la proyección sobre el hemisferio sur, a fin de dar más claridad a la interpretación de los resultados. Se ha usado la plantilla de Schmit de «equiáreas». Los resultados aparecen representados en los gráficos siguientes.

Para tomar la posición de los cantos ha sido empleado un aparato que da gran facilidad a la toma de datos. Fundamentalmente consta de un plano circular que se sitúa paralelamente al plano principal del canto (se trata de materializar dicho plano imaginario). En el centro de este plano circular, está situado un plano rectangular basculante, con un nivel de burbuja para poder situarlo en posición horizontal. El ángulo que forman los dos planos es el ángulo de buzamiento, y la línea intersección de los dos planos nos da la dirección del plano principal, medible con una brújula situada en el plano horizontal del aparato.

El número de puntos o cantos proyectados en cada estación ha sido de cincuenta. De los mismos, se han trazado curvas de isopopulación que nos indican la posición dominante de los cantos. Al estar los cantos en posición imbricada, y dominar éstos sobre la matriz, se puede considerar que el sentido de aporte va desde el centro de proyección a la zona de máxima concentración.

5.2. Estudio particular de los afloramientos

En los esquemas siguientes están representadas las proyecciones de los distintos afloramientos. También está indicada la dirección del corte realizado. La flecha nos indica el sentido de la corriente o del aporte principal. En alguna representación se ven dos direcciones. La de menor concentración corresponde a aportes laterales.

Afloramiento n.º 1

La máxima concentración nos indica un sentido casi norte-sur, con una tendencia a desviarse hacia el suroeste. Hay una zona de concentración secundaria que nos da un sentido oeste-este.

Afloramieto n.º 2

Hay dos zonas de máxima concentración casi ortogonales entre sí. La más importante es la que nos indica un sentido NE-SW. Los cantos están bastante inclinados, siendo la inclinación media de unos treinta grados

Afloramiento n.º 3

Hay una máxima concentración en sentido casi N-S, con una tendencia hacia NE-SW. La inclinación media es de unos veinte grados. Sólo se nota una dirección principal de aporte.

Afloramiento n.º 4

La zona de máxima concentración está bastante dispersa en toda la parte este de la plantilla de proyección, no obstante se nota un máximo que nos da un sentido W.NW-E.SE, con tendencia a situarse en posición W-E.

Afloramiento n.º 5

Hay dos zonas de máxima concentración, de las que puede obtenerse una resultante única de sentido casi N-S, con tendencia hacia el oeste. La inclinación media es de quince a veinte grados.

Afloramiento n.º 6

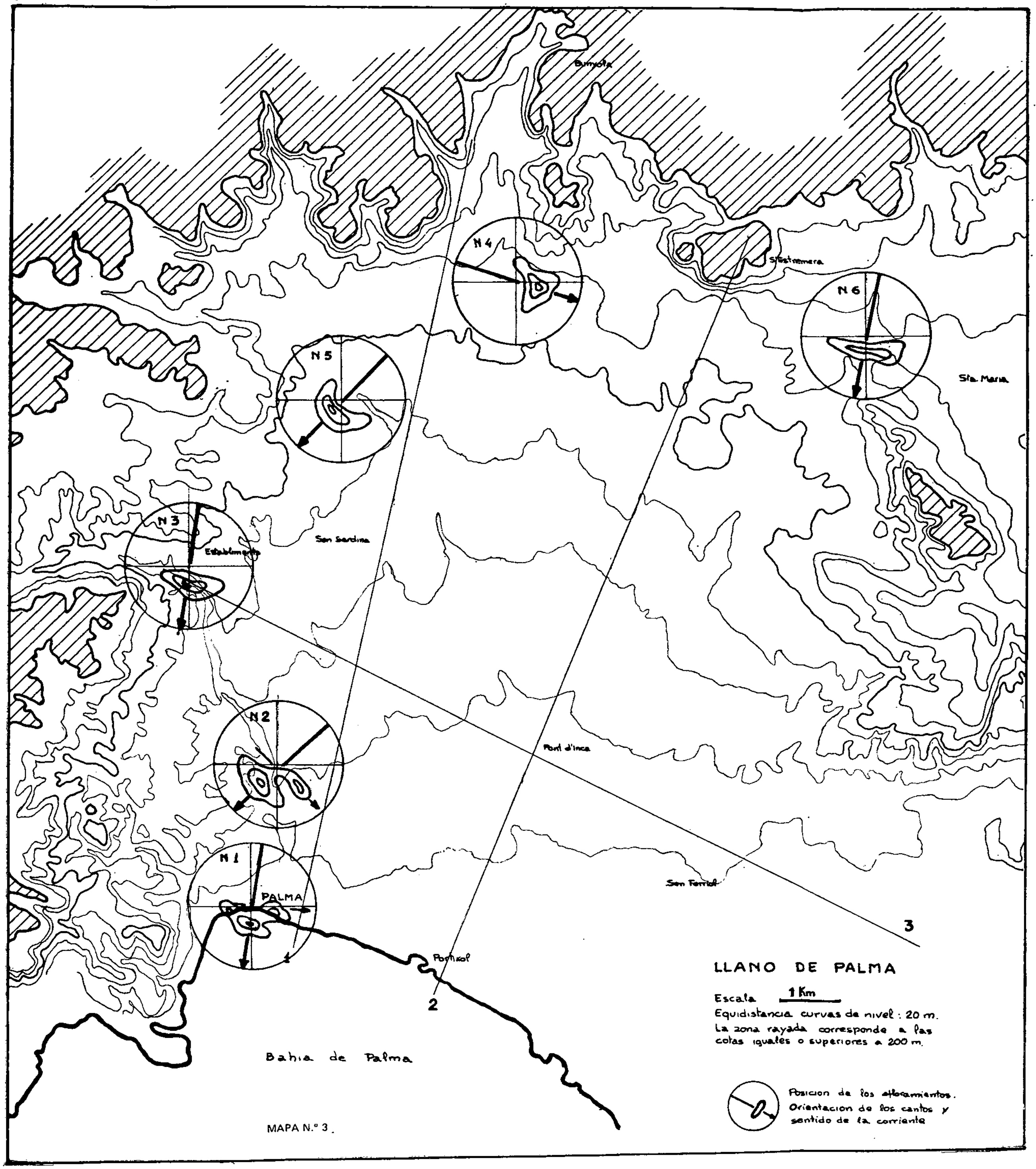
La zona de concentración máxima nos da un sentido NE-SW, con tendencia hacia el oeste. La inclinación media es de unos veinte grados

CONCLUSIONES

Sirva este apartado para ordenar y relacionar entre sí los distintos temas desarrollados anteriormente.

Se ha enfocado el trabajo desde tres puntos de vista. Uno puramente descriptivo y dos más metodológicos, pero que tienden a complementarse.

En primer lugar tenemos una cubeta sedimentaria precuaternaria cuya forma de ha intentado reconstruir (mapa n.º 2). Colmatando esta cubeta se depositan gran cantidad de aluviones, merced a cursos fluvio-torrencia-


N 1
N 2
N 3
N 4
N 5
N 6
PALMA
Bunyola
Son Sardina
Pont d'Inca
Son Ferriol
Sta. Maria
Portixol
Bahia de Palma
1
2
3
LLANO DE PALMA
Escala 1 Km
Equidistancia curvas de nivel : 20 m.
La zona rayada corresponde a las cotas iguales o superiores a 200 m.
Posicion de los afloramientos.
Orientacion de los cantos y sentido de la corriente
MAPA N.º 3.

les que progresivamente van cambiando sus cursos, adaptándose al relieve propio de cada momento. De esta evolución hemos estudiado sus últimas etapas (estudio de la posición de los cantos y estudios morfométricos), las cuales nos informan de unas condiciones muy similares de depósito en todos los bordes de la cuenca. Los materiales tienen su fuente predominantemente en la zona norte, pero aparecen con unas orientaciones muy particulares que dan idea del relieve existente durante su deposición (Wurm). Esta información está resumida en e lmapa 3.º.

En este trabajo no se pretende dar por terminado el estudio sedimentológico del cuaternario, sino sólo dar un inicio a los estudios estructurales de sus sedimentos detríticos, con el fin de tener un conocimiento más exacto de sus condiciones de formación y depósito. Con eso dejamos abierto el campo a trabajos más detallados y profundos.

BIBLIOGRAFIA GENERAL

BAUZA, J.—*Contribución al conocimiento del cuaternario de Mallorca.* Estudios Geológicos. Inst. Invest. Geol. Luca Mallada. pp. 199-204. N.° 4. Madrid, 1946.

BOUVY, P.—*Ensayo de una descripción geológica de la isla de Mallorca comparada con las islas y el litoral de la cuenca occidental del Mediterráneo.* Palma 1867.

BUTZER, K.W.—*Coastal geomorphology of Mallorca.* Ann. Amerc. Asooc. Geography. V 52, pp. 191-211, 1962.

BUTZER, K.W. - CUERDA, J.—*Coastal statigraphy of Southern Mallorca and its implications for the pleistocene chronology of the Mediterranean Sea.* Journ. of Geology V. 70, n.° 4, pp. 389-416. Chicago, 1962.

CUERDA, J. - MUNTANER, A.—*Nota sobre las playas cuaternarias con Strombus de la Bahía de Palma.* Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares. Julio-Sept. 1952. Palma. *Nota sobre diversos niveles Tirrenienses localizados en las cercanías de Cap Orenol.* Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares. T. VI, pp. 27-46. Palma, 1960.

CUERDA, J.—*Donnés Paleontologiques pour l'étude de la malacofauna terrestre des Baléares Orientales.* Rapports et Procés-verbaux des reunions de la C.I.E.S.M.M. vol. XVIII (2) Mónaco 1965.

DARDER, B.—*Nota preliminar sobre la tectónica de la región de Artá.* Bol. Soc. Esp. Hist. Nat. Mayo, 1921. *Investigaciones de aguas subterráneas.* SALVAT, 1932.

DENIZOT, G.—*Sur un rivage quaternaire de l'île de Majorque et sur les derniers changements de la Méditerranée occidentale.* «Ass. Franc. pour l'Avanc. des Sciences». Alger. 1930.

FALLOT, P.—*Etude géologique de la Sierra de Majorque.* Tesis doctoral, París, 1922. *Esquisse morphologique des îles Baléares.* Rev. de Geogr. Alpine IX. pp. 421-448. 1923.

HAIME, J.—*Notice sur la géologie de l'île de Majorque.* B.S.G.F. 2.ª serie XII. pp. 734-753. 1855.

HERMITE, H.—*Etudes géologiques sur les îles Baléares.* Paris, édit. Savy. 1879.

LA MARMORA.—*Abservations géologiques sur les deux îles Baléares.* Mem. Reale Ac. Scienze de Torino. XXXVIII, 1835.

SOLE SABARIS, L.—*Las oscilaciones del Mediterráneo español durante el cuaternario.* C.S.I.C. 58 p. Barcelona 1961. *Le quaternaire marin des Baléares et ses rapports avec les côtes mediterranéennes de la Péninsule Ibérique.* Quaternaria. V. pp. 309-342. Roma 1962.

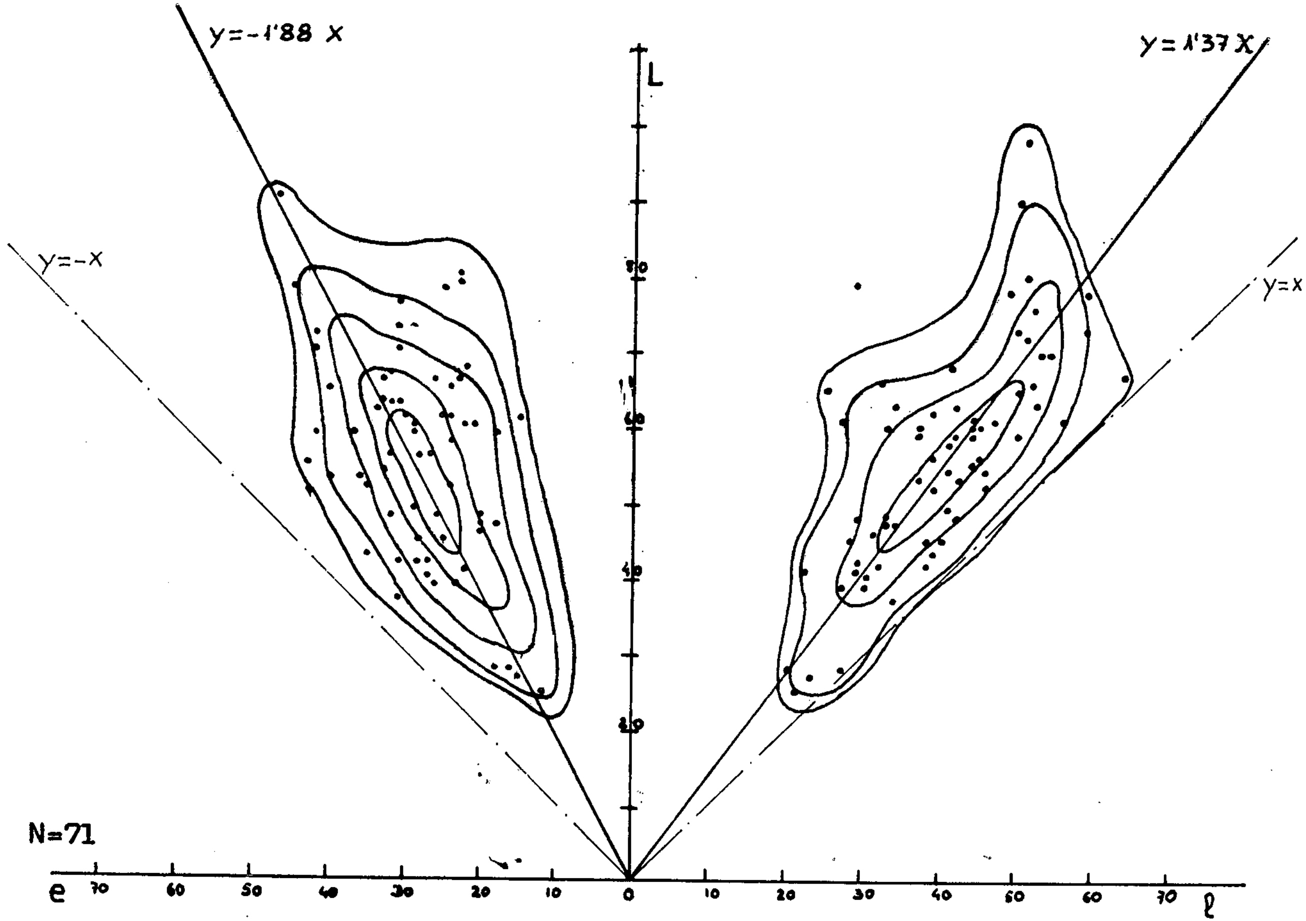
BIBLIOGRÁFIA METODOLOGICA

ASENSIO AMOR, I.—*Indices morfométricos de sedimentos detríticos.* Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. S. G. 57. pp. 49-59.

CAILLEUX, A.—*La era cuaternaria. Problemas y métodos de estudio.* Mem. Com. Inst. Geol. Cons. S. Inv. Cient. XV. Barcelona 1956.

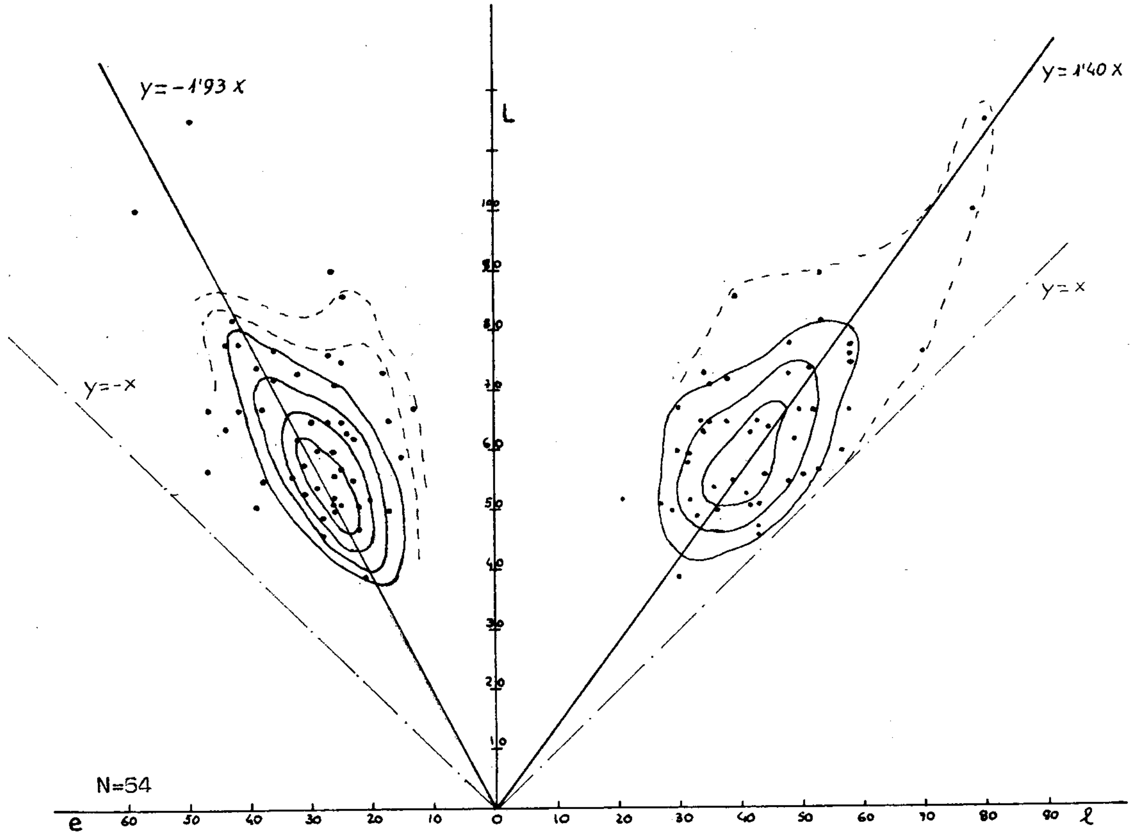
CAILLEUX, A. - TRICART, J.—*Initiation à l'étude des sables et des galets.* Centre Doc. Univ. Paris 1959.

THEBAULT, J. Y.—*Contribution à l'étude des formes des galets.* B.B.R.G.M. Sec. IV. 2.ª sér. Paris 1969.

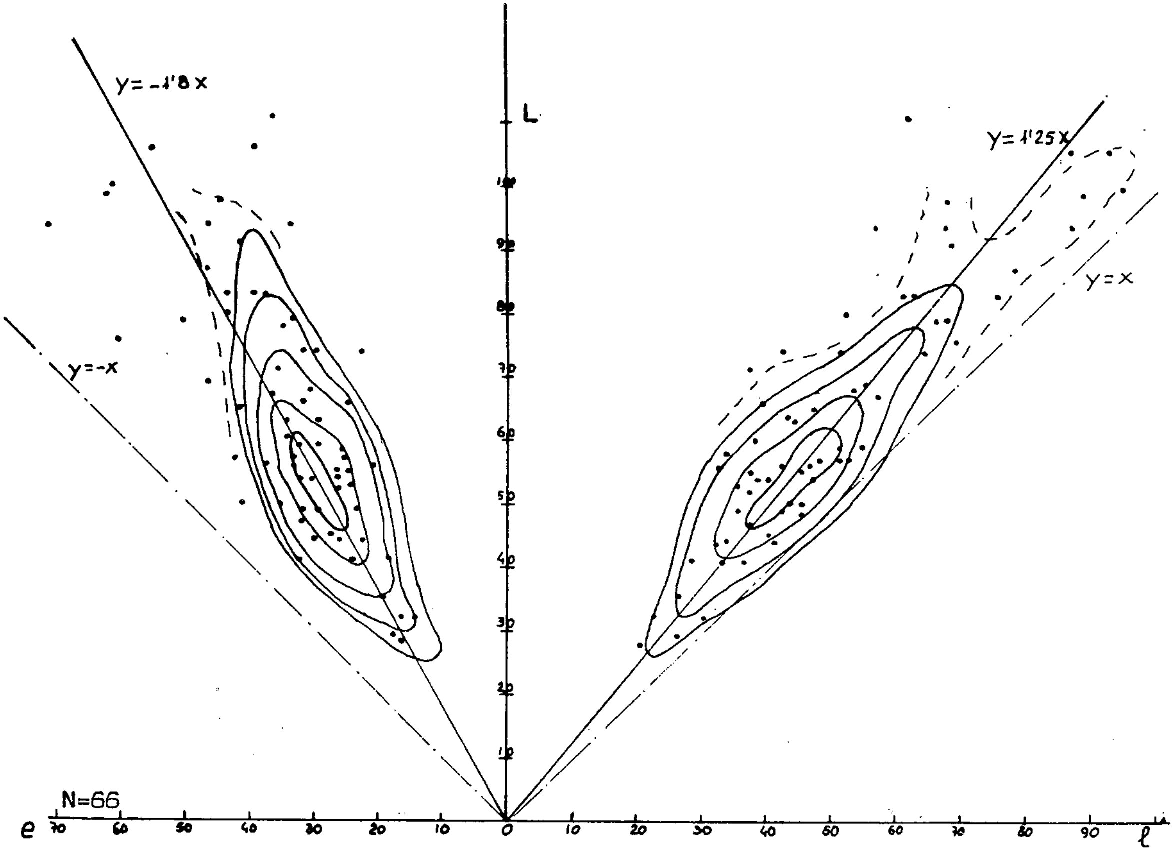


RELACIONES PARAMETRICAS EN LOS CANTOS. REPRESENTACION GRAFICA

Afloramiento n.º 1. Molinos del Jonquet

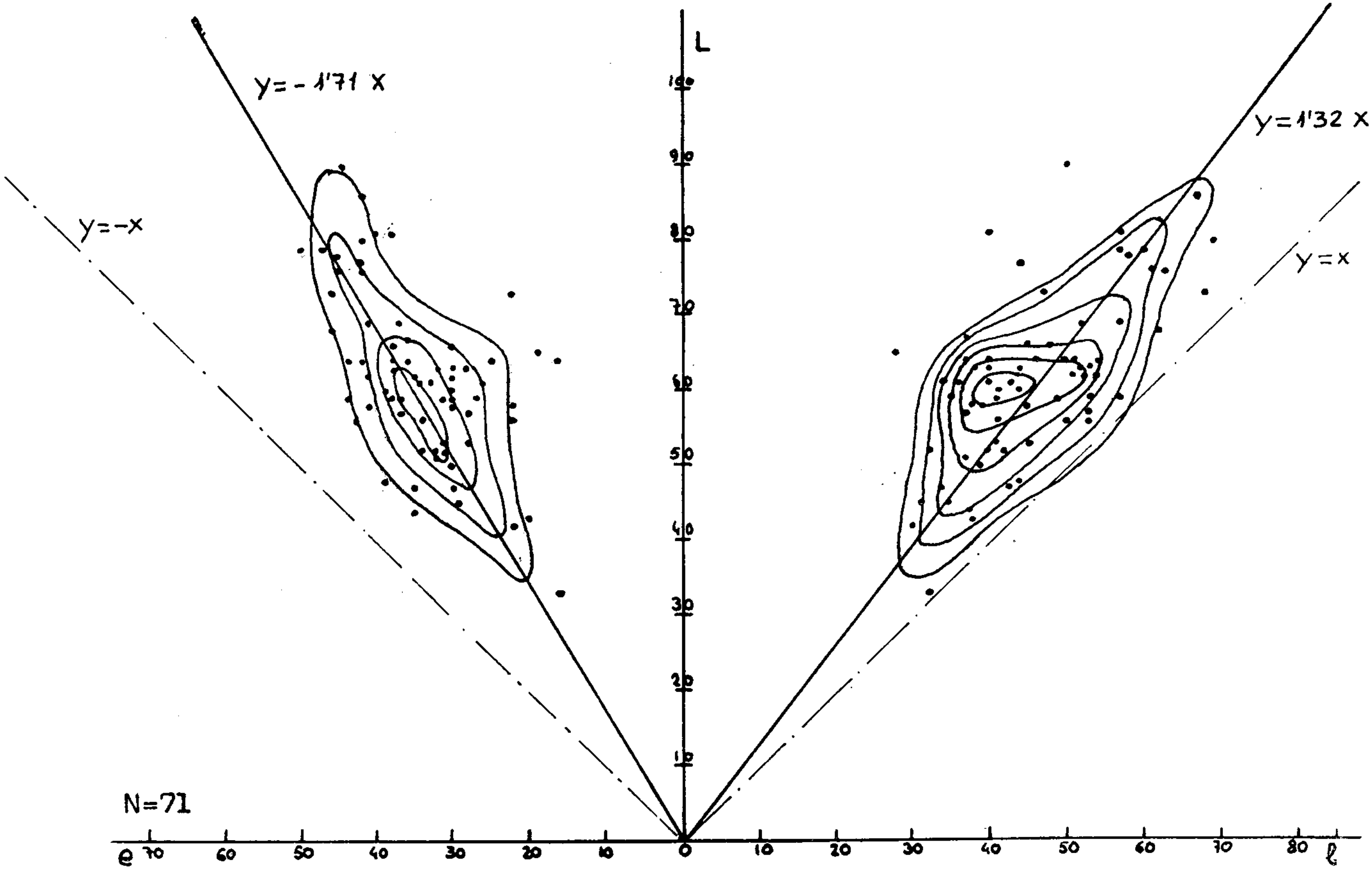


RELACIONES PARAMETRICAS EN LOS CANTOS. REPRESENTACION GRAFICA
Afloramiento n.º 2. Cementerio de Palma



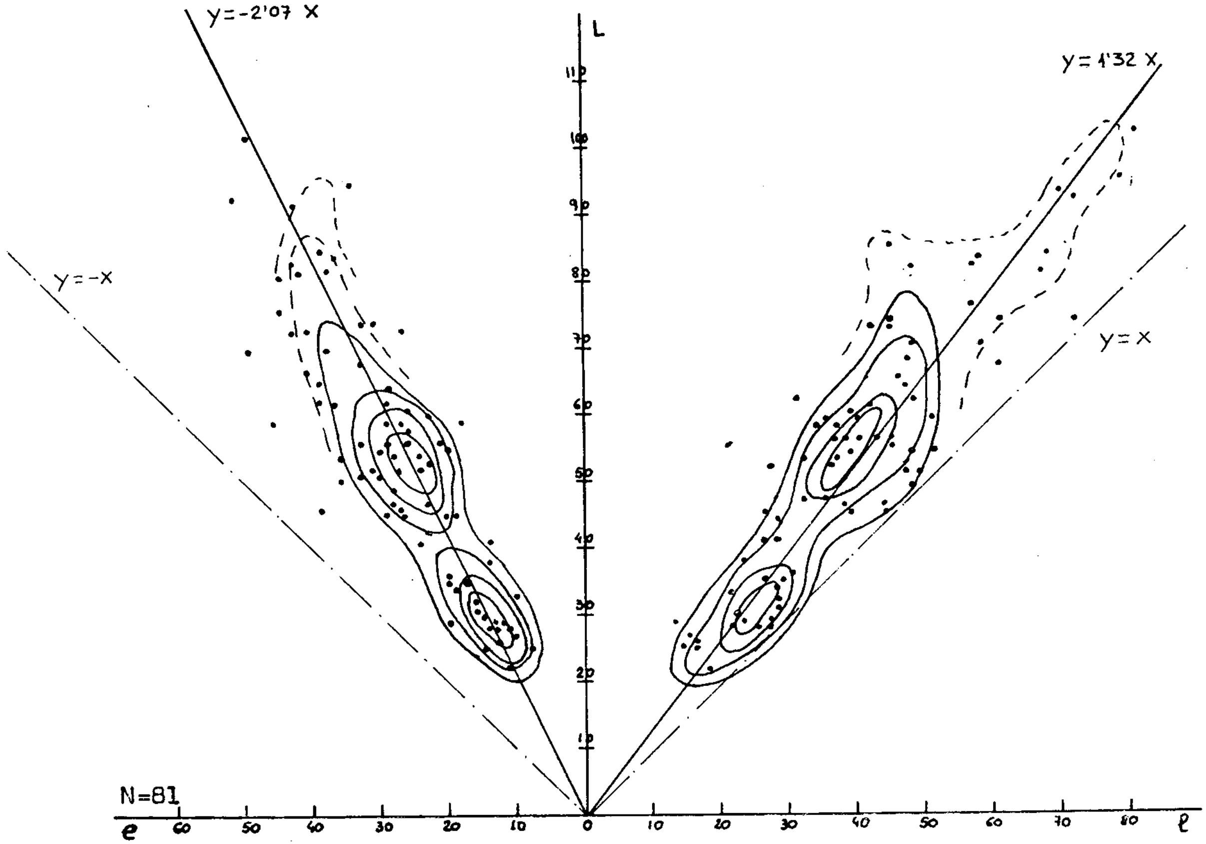
RELACIONES PARAMETRICAS EN LOS CANTOS. REPRESENTACION GRAFICA

Afloramiento n.º 3. Molí des Compte



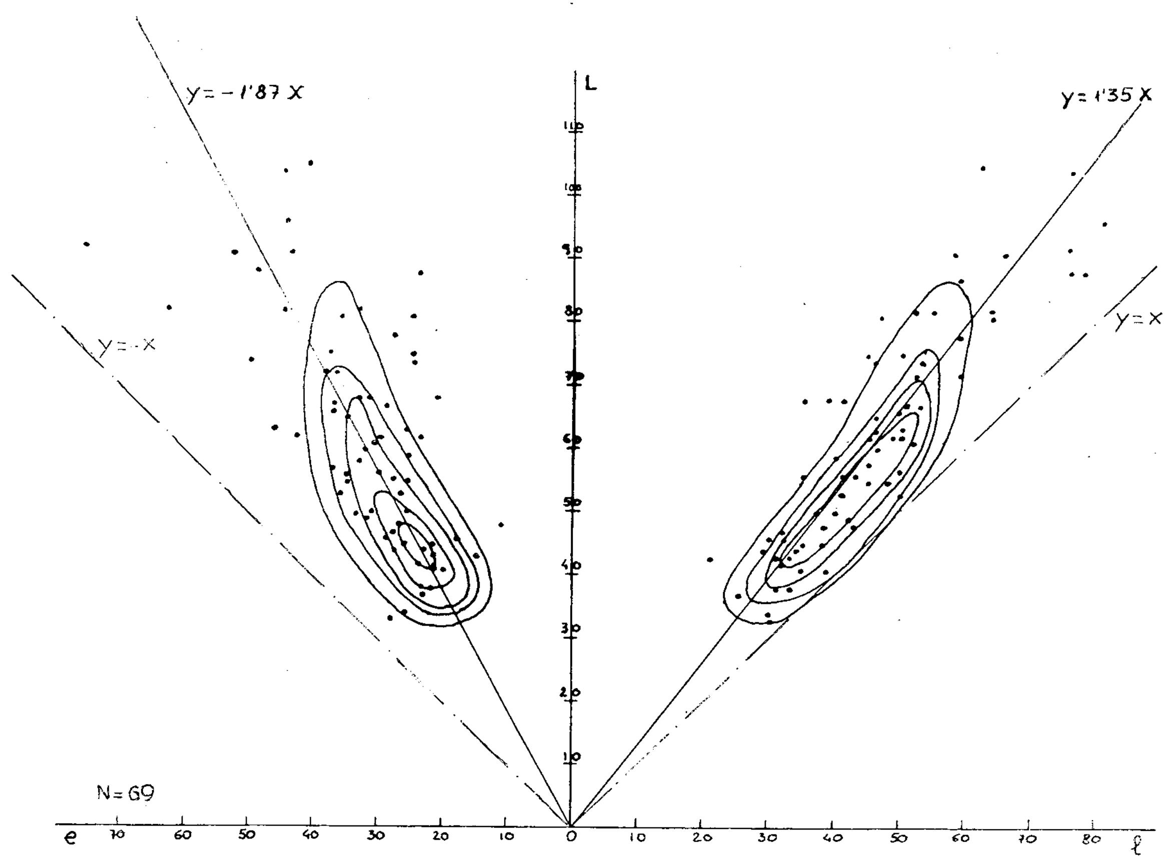
RELACIONES PARAMETRICAS EN LOS CANTOS. REPRESENTACION GRAFICA

Afloramiento n.º 4. Carretera de Sóller km. 11,5



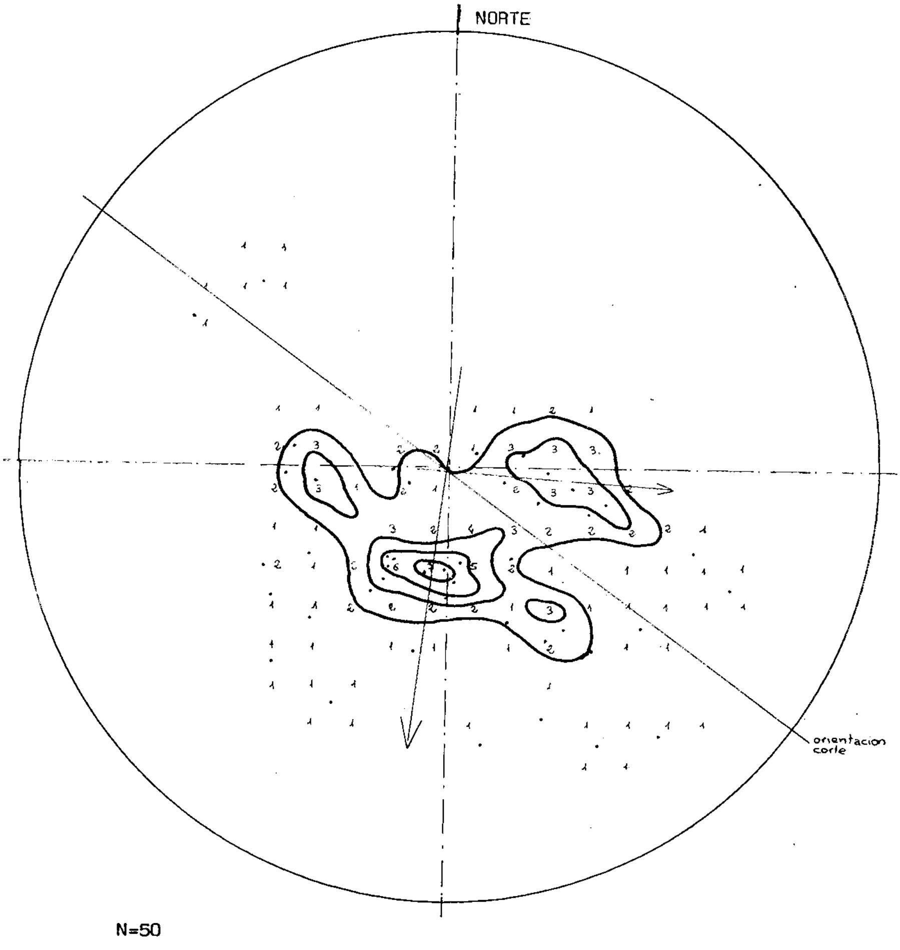
RELACIONES PARAMETRICAS EN LOS CANTOS. REPRESENTACION GRAFICA

Afloramiento n.º 5. Carretera de Valldemosa km. 9

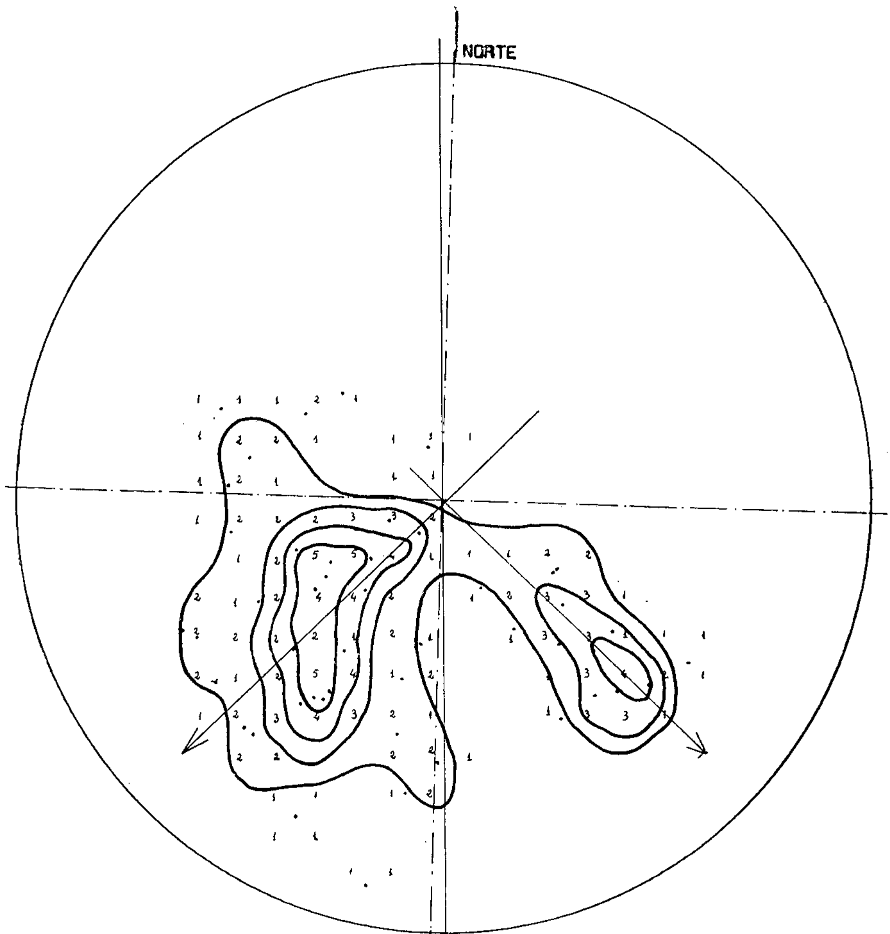


RELACIONES PARAMETRICAS EN LOS CANTOS. REPRESENTACION GRAFICA

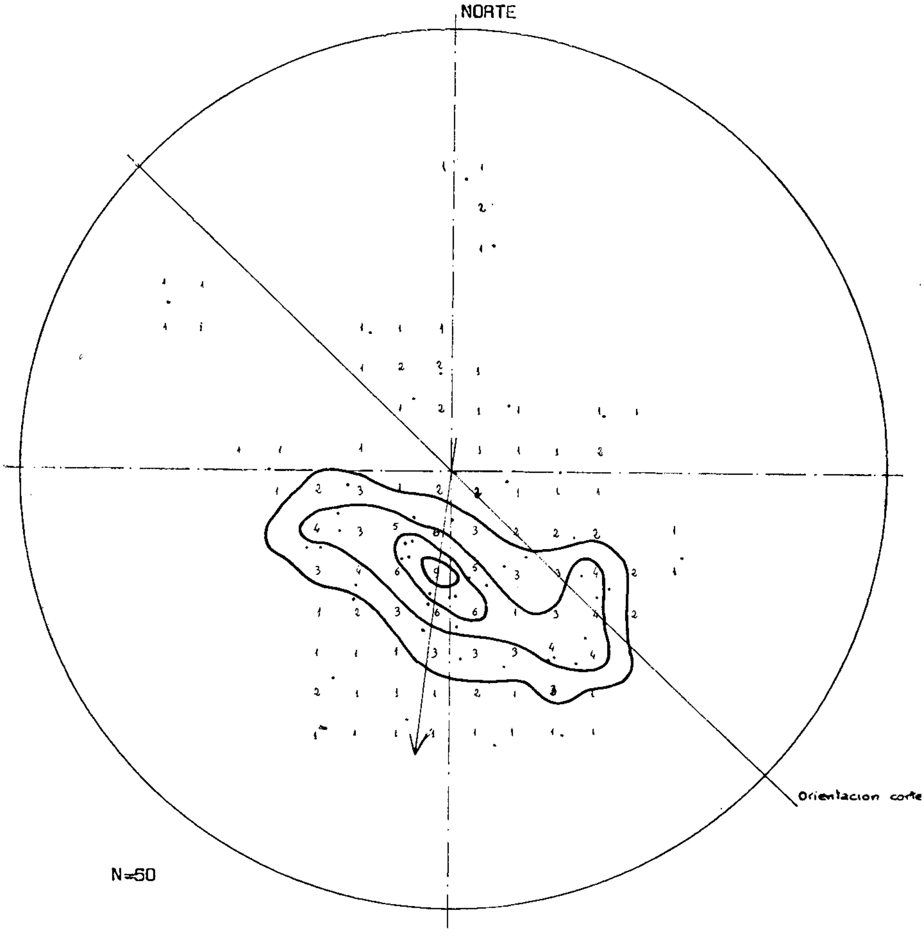
Afloramiento n.º 6. Carretera de Santa María a Bunyola km. 30



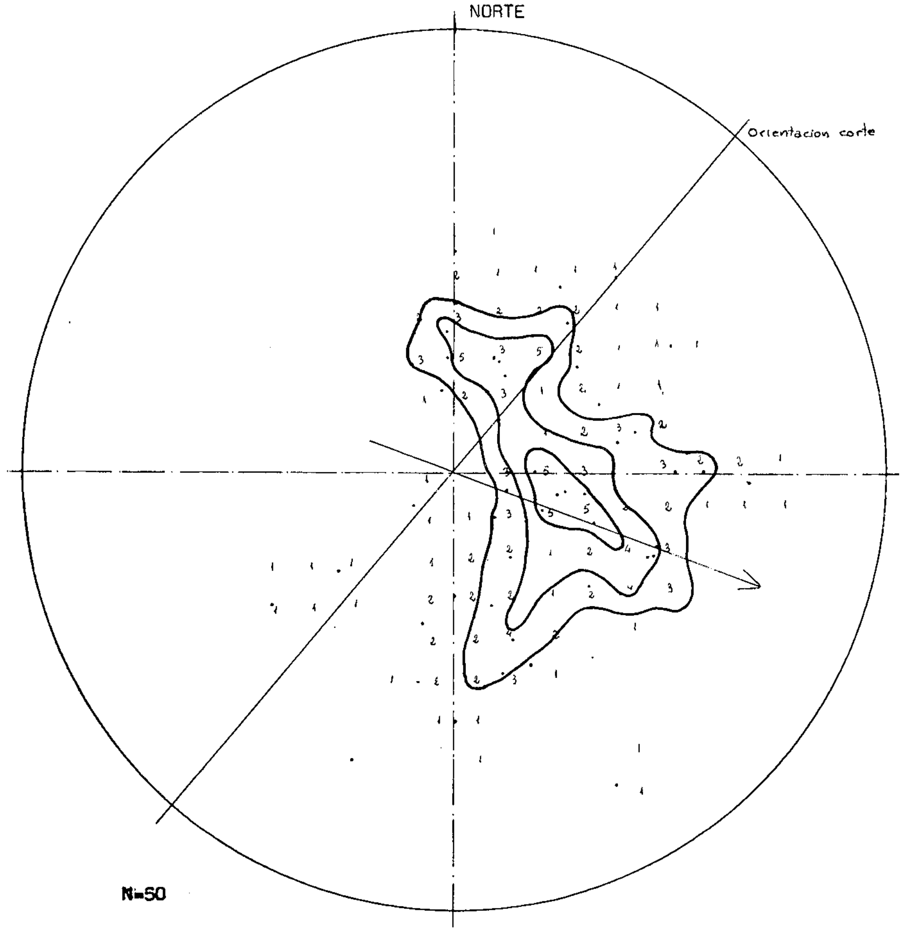
POSICION DE LOS CANTOS. REPRESENTACION GRAFICA
Afloramiento n.º 1. Molinos del Jonquet



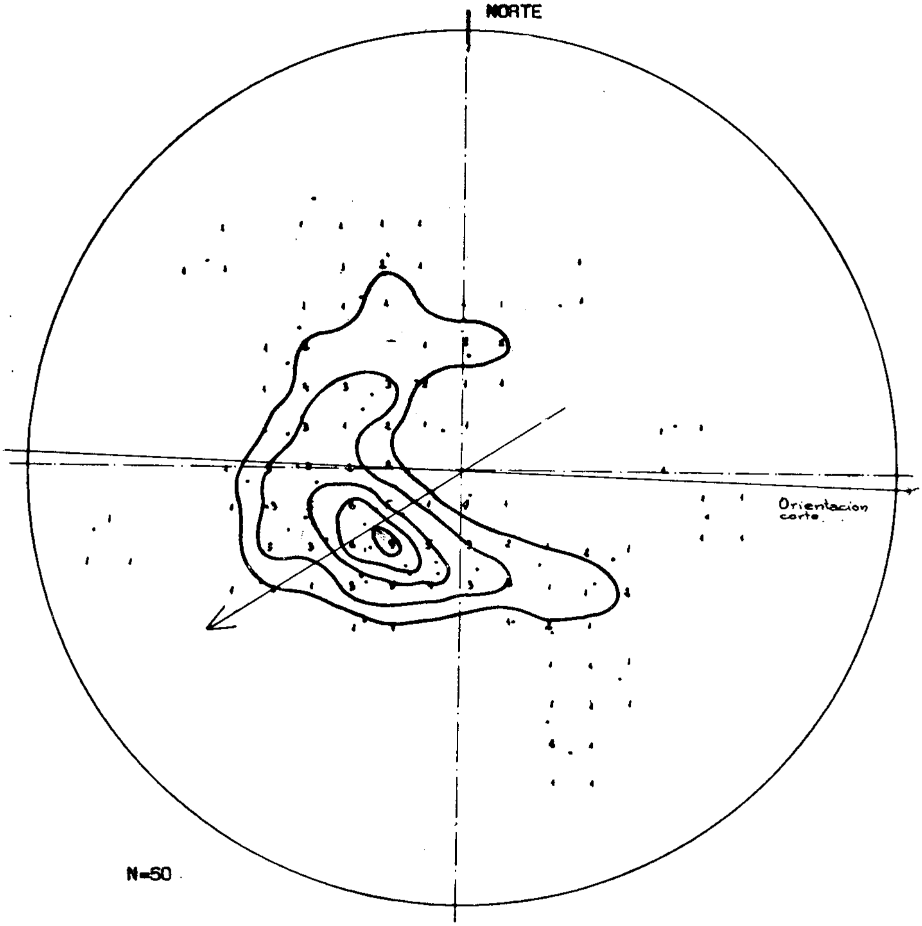
POSICION DE LOS CANTOS. REPRESENTACION GRAFICA
Afloramiento n.º 2. Cementerio de Palma



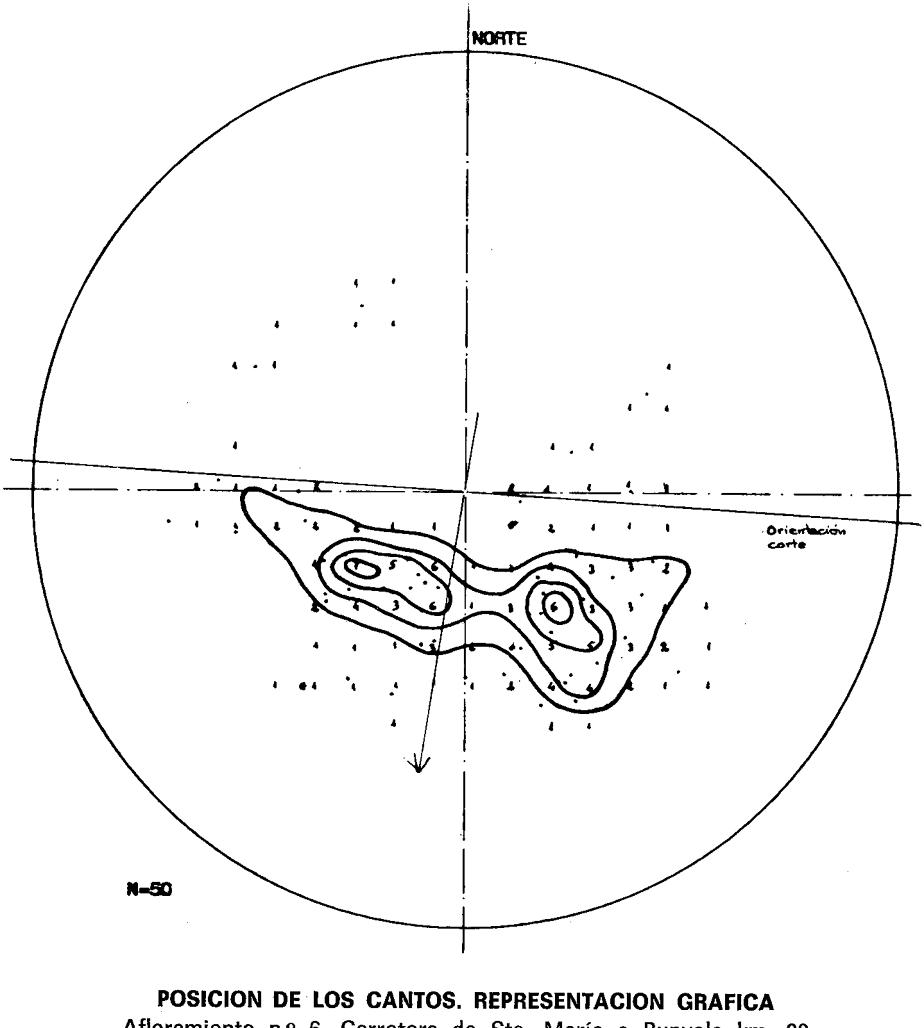
POSICION DE LOS CANTOS. REPRESENTACION GRAFICA
Afloramiento n.º 3. Molí des Compte



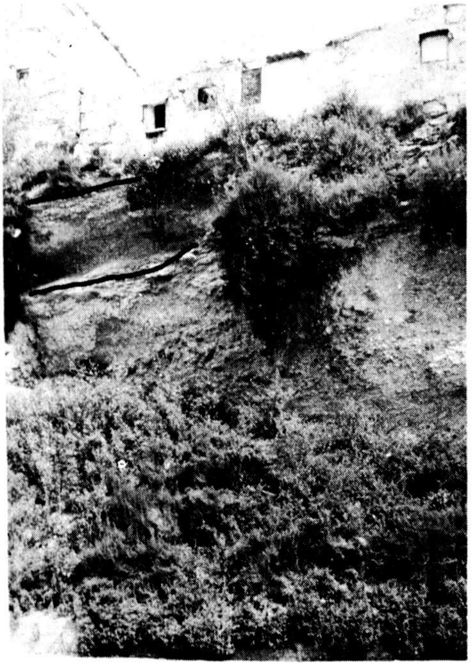
POSICION DE LOS CANTOS. REPRESENTACION GRAFICA
Afloramiento n.º 4. Carretera de Sóller km. 11,5



POSICION DE LOS CANTOS. REPRESENTACION GRAFICA
Afloramiento n.º 5. Carretera de Valldemossa km. 9



POSICION DE LOS CANTOS. REPRESENTACION GRAFICA
Afloramiento n.º 6. Carretera de Sta. María a Bunyola km. 30



F. 1.—Afloramiento del Jonquet

A la izquierda se ven las dos primeras costras separadas por un nivel de limos y conglomerados



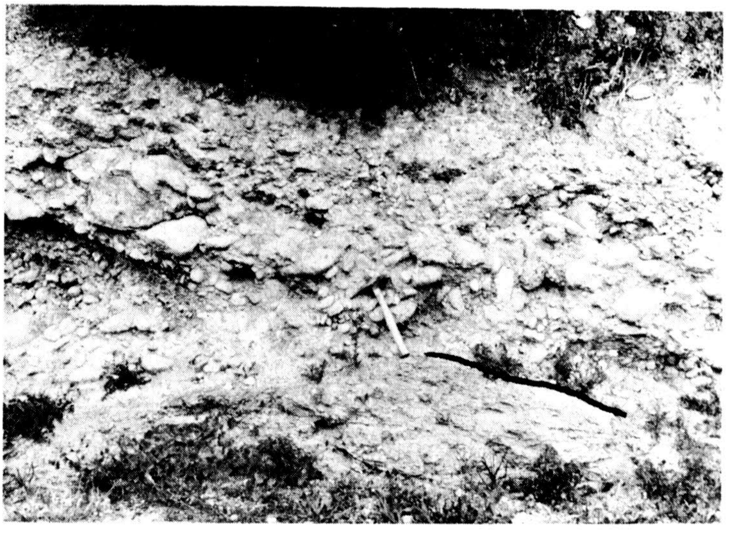
F. 2.—El mismo afloramiento

Se puede ver el gran desarrollo que toma el nivel B.



F. 3.—Afloramiento del Cementerio

Se ven las tres costras calcáreas



F. 4.—Otro detalle del anterior afloramiento

Unicamente es visible la segunda costra